

**UNB – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FGA – FACULDADE GAMA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA  
O AUXÍLIO NA ANÁLISE DO PROCESSAMENTO HOLÍSTICO FACIAL  
DO TRANSTORNO DO ESPECTRO DO AUTISMO (TEA) – ESTUDOS NÃO  
CLÍNICOS.**

**ARIOMAR DA LUZ NOGUEIRA FILHO**

ORIENTADOR PROF. DR. GERARDO ANTONIO IDROBO PIZO

COORIENTADOR PROF. DR. LEANDRO XAVIER CARDOSO



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB

FACULDADE UNB GAMA – FGA



**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL  
PARA O AUXÍLIO NA ANÁLISE DO PROCESSAMENTO  
HOLÍSTICO FACIAL DO TRANSTORNO DO ESPECTRO DO  
AUTISMO (TEA) – ESTUDOS NÃO CLÍNICOS.**

**ARIOMAR DA LUZ NOGUEIRA FILHO**

ORIENTADOR PROF. DR. GERARDO ANTONIO IDROBO PIZO

COORIENTADOR PROF. DR. LEANDRO XAVIER CARDOSO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM

ENGENHARIA BIOMÉDICA

PUBLICAÇÃO: 129A/2020

BRASÍLIA/DF, OUTUBRO DE 2020

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB  
FACULDADE UNB GAMA - FGA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL  
PARA O AUXÍLIO NA ANÁLISE DO PROCESSAMENTO HOLÍSTICO  
FACIAL DO TRANSTORNO DO ESPECTRO DO AUTISMO (TEA) –  
ESTUDOS NÃO CLÍNICOS.**

**ARIOMAR DA LUZ NOGUEIRA FILHO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.

APROVADA POR:



---

PROF. DR. GERARDO ANTONIO IDROBO PIZO  
ORIENTADOR (FGA/UNB)



---

PROF. DR. JOSÉ MAURÍCIO SANTOS TORRES DA MOTTA  
EXAMINADOR EXTERNO (ENM/UNB)



---

PROF. DRA. ANA RITA COUTINHO XAVIER NAVES  
EXAMINADORA EXTERNA (IESB)



---

PROF. DR. LEANDRO XAVIER CARDOSO  
COORIENTADOR (FGA/UNB)

**BRASÍLIA/DF, 07 DE OUTUBRO 2020**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**NOGUEIRA FILHO, ARIOMAR DA LUZ**

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O AUXÍLIO NA ANÁLISE DO PROCESSAMENTO HOLÍSTICO FACIAL DO TRANSTORNO DO ESPECTRO DO AUTISMO (TEA) – Estudos Não Clínicos., [Distrito Federal] 2020.

XIX, 126p., 210 x 297 mm (FGA/UnB Gama, Mestre, Engenharia Biomédica, 2020).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade Gama. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

- |                                      |                        |
|--------------------------------------|------------------------|
| 1. Transtorno do espectro do autismo | 2. Averiguação facial  |
| 3. Processamento holístico           | 4. Rastreamento ocular |
| 5. Fixações e Sacadas                | 6. Predição            |
| I. FGA UnB                           | II. Título (série)     |

## **REFERÊNCIA**

Nogueira Filho, Ariomar Da Luz (2020). Desenvolvimento de uma Ferramenta Computacional para o Auxílio na Análise do Processamento Holístico Facial do Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) – Estudos Não Clínicos. Dissertação de mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 129A/2020, Programa de Pós-Graduação, Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 145p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

Autor: Ariomar da Luz Nogueira Filho

Título: Desenvolvimento de uma Ferramenta Computacional para o Auxílio na Análise do Processamento Holístico Facial do Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) – Estudos Não Clínicos.

Grau: Mestre

Ano: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender essas cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

[ariomar@gmail.com](mailto:ariomar@gmail.com)

Brasília, DF – Brasil.

## EPÍGRAFE

### *Ser Diferente*

*Quem é que gosta de gelado? Quem é que gosta de bolo? Quem é que gosta de brócolis? Quem é que gosta de pizza? Quem é que gosta de sopa? Quem é que gosta de pintar? Quem é que gosta de andar de skate? Quem é que gosta de ler um livro? Quem é que gosta de brincar com bonecas? Quem é que gosta de brincar sozinho? Quem é que gosta de cães? Quem é que gosta de pássaros? Quem é que gosta de formigas? Quem é que gosta da cor azul? Quem é que gosta da cor vermelha? Quem é que gosta da cor laranja? Não gostamos todos do mesmo, pois não?*

*Isso é porque somos todos diferentes! Altos, baixos, gordos, magros, louros ou morenos, SOMOS TODOS DIFERENTES! Alguns não conseguem andar, outros não conseguem ver, há quem não consegue falar ou ouvir e há quem não percebe bem o que tu dizes ou que goste de brincar de maneira diferente. Esses Meninos podem ser autistas!*

*Mas o que é ser autista?*

*Imagine que vais fazer uma viagem, a um planeta muito longe, e quando lá chegas encontras amigos novos, mas não entendes o que eles dizem! E eles não percebem o que tu dizes. Quando olhas para eles, não sabes se estão tristes ou contentes. Eles têm umas brincadeiras estranhas que tu não conheces. Como é que explicava quem eras e de onde tinhas vindo? Como é que te irias sentir? Zangado ou triste?*

*É mais ou menos assim que um menino ou menina autista se deve sentir. Estes meninos têm muita dificuldade em falar (alguns nem sequer falam). Como não se sabem explicar, às vezes ficam zangados e podem fazer grandes birras! Podem não querer brincar com outros meninos, porque não sabem brincar como eles.*

Alguns meninos podem gostar muito de uma brincadeira e não gostam de brincar com mais nada! Podem ser puzzles, carrinhos, blocos, letras, números, animais ou computadores! E podem não gostar de partilhar. Gostam de tudo sempre igual, sempre da mesma maneira! Sentem o mundo de maneira diferente: podem gostar de cheirar as coisas e as luzes e os barulhos possam deixá-los nervosos! Mas também têm sentimentos, como todos os outros meninos e meninas! Podem ficar tristes ou contentes e rir às gargalhadas, mesmo sem razão! Podem não gostar de ser agarrados, nem para um abraço! Mas todos gostam de ter amigos!

*Sejam iguais ou diferentes, o que importa é ter amigos!*

E o que podes tu fazer se tens um amigo diferente? Não gozes com ele e não deixes que os outros o façam! Tente sempre ver o outro lado, ou seja, imagine como se sente o outro menino ou menina! Não desistas de tentar perceber o que o teu amigo ou amiga gosta! Vais ver que vais receber muito carinho em troca! E os teus amigos agradecem!

*Afinal...*

*Somos todos diferentes, mas somos todos iguais! E que bom é ter amigos!!!*

*Ser diferente não é mau, é apenas ser diferente!*

*Autor desconhecido*

## TEA

Para muitos: Transtorno do Espectro Autista. Para mim, um nome que ensina como ajudar meu filho...

Se você tropeçar, TEAmparo  
Sempre que precisar, TEAjudo  
No que quiser aprender, TEApoio  
Se quiser correr, TEAcompanho  
Se acaso chover, TEAbrigo  
Em todos os nossos momentos, TEAdoro  
A cada pequena evolução, TEAdmiro  
Se você chorar, TEAcalmo  
Se brincar de esconder, TEAcho  
Se um dia atrasar-se, TEAcordo  
Se demorar a ajeitar-se, TEAguardo  
Se algo te chatear, TEAgrado  
Se me chamar, TEAtendo  
Se sentir medo, TEAbraço  
Se ficar frio, TEAqueço  
Em todas as suas vitórias, TEAplaudo  
Se na plateia não me encontrar, TEAceno  
Se o mundo ficar cinza, TEAlegro  
Em todos os aspectos, TEAssumo  
Se sentir-se perdido, TEAuxilio  
Se pensar em desistir, TEAnimo  
Por me escolher pra ser seu pai, TEAgradeço  
Todos os dias, com todas as forças, por toda a vida  
**TEAmoArthurzinho!!!**

*Autor desconhecido*

# DEDICATÓRIA

Dedico este estudo à minha família, minha amada esposa Valéria, minha adorada filha Laura e em especial ao meu filho Arthur, meu super-herói que foi minha maior inspiração para escrever esta dissertação. Também dedico a minha mamãe Alice e ao meu papai Ariomar (*in memoriam*), meus maiores exemplos de força e honestidade.

# AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço ao dom da vida, às dádivas e benevolências recebidas. O que significa a presença de Deus neste mundo e em nossas vidas. Sendo assim, a Ele toda glória, honra e louvor, pois sem Ele eu não teria competência para engendrar este estudo.

Agradeço a todas as pessoas que fazem parte da minha vida e que me apoiaram na realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gerardo Pizo, minha admiração e gratidão, pela paciência e competência em sua orientação. Valeu Companheiro! Além do meu coorientador Prof. Dr. Leandro Cardoso, pela disponibilidade em auxiliar e compartilhar os conhecimentos adquiridos.

À Universidade de Brasília - UnB, incluindo todo o corpo docente e discente por me receber tão bem, ensinar-me e mostrar-me o que é ciência e ensino de excelência.

Agradeço à minha esposa, Karen Valéria Sardo Leão, “minha gata”, pelo amor verdadeiro, companheirismo, paciência, carinho e zelo. Iniciamos esta jornada juntos, em que há muito tempo, você me resgatou de um momento difícil de minha vida. Obrigado por tudo, meu amor! Amo você!

À minha mãe, por nunca desistir de mim e por me mostrar, todos os dias, que eu sou capaz. Aos meus irmãos, Naelman e Eduardo, pelas preciosas conversas tidas em torno do projeto e pelo incentivo para fazer mais e melhor. Não posso deixar de agradecer ao meu pai, Ariomar (*in memoriam*), uma pessoa que sempre será um norte para minhas decisões.

Ao amigo José Matheus pela disponibilidade na revisão ortográfica deste trabalho.

Aos meus amigos, pelos incentivos nessa caminhada árdua e pelas piadas que deixaram o caminho mais leve.

Agradeço a minha filha Laura, por ser uma menina carinhosa e amável, te amo filha.

Por fim, agradeço a pessoa que me inspirou a fazer todo esse trabalho, meu filho Arthur. Um adolescente que mesmo com todas as suas dificuldades por está incluso no espectro, tem capacidade de compreender, amar e se comunicar com todos. Mesmo estando longe, sinto que está do meu lado. Você é especial, te amarei para sempre!!!

*A todos vocês, pois foi o meu alicerce emocional (e muito continuarão a sê-lo), o meu muito obrigado!*

# RESUMO

## DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O AUXÍLIO NA ANÁLISE DO PROCESSAMENTO HOLÍSTICO FACIAL DO TRANSTORNO DO ESPECTRO DO AUTISMO (TEA) – Estudos Não Clínicos.

**Autor:** ARIOMAR DA LUZ NOGUEIRA FILHO

**Orientador:** Dr. Gerardo Antonio Idrobo Pizo

**Coorientador:** Dr. Leandro Xavier Cardoso

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica**

**Brasília, 07 de Outubro de 2020.**

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) é diagnosticado pelo Manual de Diagnóstico e Estatístico de Doenças Mentais (DSM-V). O TEA é um transtorno do desenvolvimento neurológico, podendo ser leve, moderado ou grave, com consequências na comunicação e no intercâmbio social, além de demonstrar interesses em atividades uniformizada e reentrantes. Assim, decretar o diagnóstico proporciona diversos obstáculos, pois ele possui uma série de peculiaridades e por não existir um exame laboratorial. Uma dessas peculiaridades é a disposição para focalizar detalhes geralmente apenas em uma parte da imagem, trazendo assim dificuldades no entendimento da mensagem em sua totalidade. Considerando que a averiguação facial é realizada por um processamento holístico e o indivíduo com TEA tem dificuldade para analisar uma face de forma global, ele terá dificuldade no reconhecimento e conseqüentemente na interação social. Este trabalho propõe utilizar dados de rastreamento ocular em indivíduos autistas e típicos, gerados por um modelo de estímulo visual. Por esse modelo, é construído um classificador que visa auxiliar o diagnóstico em indivíduos com TEA. Para alcançar o objetivo proposto, foram realizadas as seguintes etapas: revisão bibliográfica, definição do modelo de rastreamento ocular, implementação do modelo de mineração de dados não supervisionado, análise e publicação de resultados. O modelo de predição não supervisionado foi testado por validação cruzada. O resultado desse modelo mostrou ser capaz de prever as características de indivíduos com TEA, com uma acurácia de 99,1%, precisão de 97%, especificidade de 92% e sensibilidade de 92%. Espera-se que esse método seja utilizado por profissionais da saúde e educação.

**Palavras-Chave:** Transtorno do espectro do autismo; Averiguação facial; Processamento holístico; Rastreamento ocular; Fixações e Sacadas; Predição.

# ABSTRACT

## **DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL TOOL FOR ASSISTANCE IN THE ANALYSIS OF FACIAL HOLISTIC PROCESSING OF AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD) - Non-Clinical Studies.**

**Author: ARIOMAR DA LUZ NOGUEIRA FILHO**

**Supervisor: Dr. Gerardo Antonio Idrobo Pizo**

**Co-supervisor: Dr. Leandro Xavier Cardoso**

**Post-Graduation Program in Biomedical Engineering**

**Brasília, 07 of October of 2020.**

Autism Spectrum Disorder (ASD) is diagnosed by the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Illness (DSM-V). ASD is a neurological developmental disorder, which can be mild, moderate or severe, with consequences for communication and social exchange, in addition to showing interests in uniform and reentrant activities. Thus, decreeing the diagnosis provides several obstacles, as it has a number of peculiarities and because there is no laboratory test. One of these peculiarities is the willingness to focus on details usually only in one part of the image, thus bringing difficulties in understanding the message in its entirety. Considering that facial verification is performed by holistic processing and the individual with ASD has difficulty in analyzing a face globally, he will have difficulty in recognition and, consequently, in social interaction. This work proposes to use eye tracking data in autistic and typical individuals, generated by a visual stimulus model. Using this model, a classifier is built to help diagnose individuals with ASD. To achieve the proposed objective, the following steps were performed: bibliographic review, definition of the eye tracking model, implementation of the unsupervised data mining model, analysis and publication of results. The unsupervised prediction model was tested by cross-validation. The result of this model proved to be able to predict the characteristics of individuals with ASD, with an accuracy of 99.1%, precision of 97%, specificity of 92% and sensitivity of 92 %. This method is expected to be used by health and education professionals.

**Key words:** Autism spectrum disorder; Facial investigation; Holistic processing; Eye tracking; Fixation and Balconies; Prediction.

# SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	20
1.1 – Contextualização e Formulação do Problema.....	20
1.2 – Objetivo .....	22
1.2.1 – Objetivo Geral .....	22
1.2.2 – Objetivos Específicos .....	22
1.3 – Hipótese .....	23
1.4 – Organização do Trabalho.....	23
2 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
2.1 – Considerações do Transtorno do Espectro Autista .....	25
2.1.1 – Autismo no Brasil.....	27
2.2 – Diagnóstico e avaliação .....	28
2.3 – TEA e Averiguação de Faces.....	31
2.3.1 – Marcadores de Faces .....	31
2.3.2 – Memória de Identidade de Rosto e Percepção.....	35
2.4 – Processamento de Faces.....	37
2.5 – Serviços Empenhados no Processamento Holístico .....	39
2.6 – Evidências de Processamento Holístico.....	44
2.7 – Funcionamentos do Olho Humano .....	46
2.8 – Definições e Conceitos dos Sistemas de Rastreamento Ocular .....	48
2.9 – A estratégia de <i>Eye-Tracking</i> .....	50
2.10 – Rastreamento Ocular.....	55
2.11 – Processamento de Averiguação de Faces por Indivíduos com TEA .....	56
2.12– Técnicas de Rastreamento Ocular Vídeio-Oculografia (VOG) .....	59
2.13– Oculografia Exclusivamente em Infravermelho .....	60
2.14 – Software OGAMA®.....	63
2.15 – Ferramentas para Mineração dos Dados .....	63
2.15.1 – Software <i>ORANGE Data Mining</i> ® .....	64
2.16 – Considerações Parciais .....	66
3 – METODOLOGIA.....	67
3.1 – Descrições dos Passos.....	67
3.1.1 – Passo 1 .....	67
3.1.2 – Passo 2.....	69
3.1.3 – Passo 3.....	70
3.1.4 – Passo 4.....	72
3.2 – Considerações Finais .....	73
4 – DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	74
4.1 – Montagem do Experimento .....	74

4.2 – Método para Examinar as Imagens de Estímulo.....	75
4.3 – Análise de Variáveis do Processamento Holístico com o Software OGAMA® .....	80
4.4 – Processamento de Informação, por meio do programa de ORANGE de mineração de dados ...	85
4.5 – Considerações Finais .....	102
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	103
5.1 – Dados Métricos Coletados pelo Experimento.....	103
5.2 – Uso das Métricas para Identificar Indivíduos Autistas .....	105
5.3 – Representações Gráficas Coletadas pelo Experimento.....	106
5.4 – Análise e Resultado da Predição dos Dados Usando Sistema Não Supervisionado.....	119
5.5 – Considerações Finais .....	133
6– CONCLUSÃO.....	134
7– CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	137
8 – POSFÁCIL .....	138
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	139

## Lista de Figuras

Figura 1 – Representação gráfica do número de nascimento de autistas nos EUA. ....	27
Figura 2 – Gráfico ilustrativo e comparativo de diversos marcadores faciais. ....	33
Figura 3 – Diagrama referente à memória e percepção da identidade facial.....	35
Figura 4 – Sequência de fotos onde na primeira coluna, a foto original, na segunda coluna, a figura composta e, na terceira coluna, a figura não composta. ....	40
Figura 5– Resposta a todos os estímulos na primeira e na terceira colunas.....	41
Figura 6 – Exemplo de paradigma de reconhecimento holístico. A característica do nariz de Joe é testada: em isolamento; em toda a face com configuração estudada. ....	42
Figura 7 – Exemplificação dos músculos oculares. ....	47
Figura 8 – Diagrama dos trabalhos em pares dos músculos dos olhos.....	48
Figura 9 – Exemplificação da distinção entre os conceitos de precisão e acurácia na estimativa do olhar. ....	50
Figura 10 – Esquema simplificado do olho humano. ....	52
Figura 11 – Representação simulada da acuidade da visão fóveal.....	53
Figura 12 – Representação do Limbo. ....	60
Figura 13 – Esquematização da técnica PCCR.....	61
Figura 14 – (A) Pupila Escura; (B) Pupila Brilhante; (C) Glint; (D) Limbo .....	62
Figura 15 – Exemplo de um Programa em <i>Orange Canvas</i> mostrando o diagrama dos componentes do processo de classificação pela árvore de decisão e por regras. ....	65
Figura 16 – GP3 Eye-Tracker – Rastreador ocular Gazepoint GP3, sistema de 60Hz.....	74
Figura 17 – Modelo do ambiente para realizar os testes com o sistema de gravação e análise do comportamento ocular (software OGAMA® e rastreador ocular – GP3 Eye- Tracker®).....	75

Figura 18 – Imagens de estímulo da primeira e segunda fase.....	77
Figura 19- Posição e Esquema da posição dos voluntários durante o experimento. Foto 19(A) lateral e Foto 19(B) frontal.....	82
Figura 20 - Calibração da Câmera Gazepoint GP3.....	83
Figura 21 – Processo de calibração do rastreador ocular OGAMA®.....	84
Figura 22 - Simulação da calibração do experimento .....	84
Figura 23 – Modelo de original dos slides usados para os testes do rastreamento ocular com o software OGAMA® .....	85
Figura 24 – Esquema do algoritmo de mineração de dados.....	86
Figura 25– Classificação dos métodos de pontuação.....	87
Figura 26– Visualização em árvore dos melhores atributos .....	87
Figura 27– Resultado inicial do teste dos algoritmos .....	88
Figura 28– Curva de Elevação dos Algoritmos SVM, Logistic Regression e Neural Network.....	89
Figura 29– Gráficos da curva ROC, dos algoritmos SVM (A), Logistic Regression (B) e Neural Network (C).....	91
Figura 30– Matriz de Confusão dos algoritmos utilizados no estudo.....	92
Figura 31–Silhouette Plot dos algoritmos utilizados no estudo.....	93
Figura 32– Curva de calibração dos algoritmos utilizados no estudo. ....	94
Figura 33– Classificação de acurácia dos algoritmos utilizados no estudo.....	96
Figura 34– Sensibilidade e especificidade dos algoritmos utilizados no estudo.....	97
Figura 35– Precisão dos algoritmos utilizados no estudo.....	99
Figura 36– Valor preditivo negativo e positivo dos algoritmos utilizado no estudo. ...	100

Figura 37– Taxa de verdadeiro positivo e falso positivo dos algoritmos utilizados no estudo.....	102
Figura 38 – Mapa de calor no procedimento de treinamento.....	107
Figura 39 – Mapa de calor no procedimento experimental com fotos alinhadas. ....	108
Figura 40 – Mapa de calor no procedimento experimental com fotos desalinhadas. ....	109
Figura 41 – Módulo de caminho de visualização das fixações-sacadas-fixações no procedimento de treinamento. ....	110
Figura 42 – Módulo de caminho de visualização das fixações-sacadas-fixações no procedimento experimental com fotos alinhadas. ....	111
Figura 43 – Módulo de caminho de visualização das fixações-sacadas-fixações no procedimento experimental com fotos desalinhadas. ....	112
Figura 44 – Módulo AOI com número de fixações e transição relativa na fase de treinamento. ....	113
Figura 45 – Módulo AOI com número de fixações e transição relativa na fase experimental com fotos alinhadas. ....	114
Figura 46 – Módulo AOI com número de fixações e transição relativa na fase experimental com fotos desalinhadas. ....	115
Figura 47 – Módulo AOI com tempo médio das fixações e transição relativa na fase de treinamento. ....	116
Figura 48 – Módulo AOI com tempo médio das fixações e transição relativa na fase experimental com fotos alinhadas.....	117
Figura 49 – Módulo AOI com tempo médio das fixações e transição relativa na fase experimental com fotos desalinhadas. ....	118
Figura 50– Resultado da Predição dos algoritmos utilizados no estudo. ....	119
Figura 51– Gráfico de Dispersão do Resultado da Pesquisa. ....	121
Figura 52– Distribuição da quantidade de Fixações Fora da Tela .....	122

Figura 53– Distribuição do Tempo de Fixações Fora da Tela em milisegundos. ....	123
Figura 54– Distribuição de Quantidade de Fixações na região da Boca. ....	124
Figura 55– Distribuição de Tempo de Fixações na região da Boca. ....	124
Figura 56– Distribuição da Velocidade Média das Sacadas .....	125
Figura 57– Distribuição da Distância Média das Sacadas .....	126
Figura 58– Gráfico de Silhueta de Resposta da Predição .....	127
Figura 59– Box Plot da Quantidade de Fixações na Região dos Olhos. ....	128
Figura 60– Box Plot da Quantidade de Fixações na Região da Boca. ....	128
Figura 61– Box Plot da Quantidade de Fixações na Região Fora da Tela. ....	129
Figura 62– Box Plot do Tempo de Fixações na Região dos Olhos. ....	129
Figura 63– Box Plot do Tempo de Fixações na Região da Boca. ....	131
Figura 64– Box Plot do Tempo de Fixações na Região Fora da Tela. ....	131
Figura 65– Mapa de Calor dos Atributos. ....	132

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Critérios dos diagnósticos do DSM – V para TEA. ....	30
Tabela 2 – Lista de figuras para exemplificar os marcadores faciais.....	34
Tabela 3– Comparação dos resultados dos algoritmos testados.....	72
Tabela 4– Dados coletados da experiência de apenas um voluntário .....	104

## Lista de Abreviaturas e Siglas

AOI – *Area Of Interest* (Área de interesse)

ARFF – *Attribute-Relation File Format* (Formato de Arquivo de Relação de Atributo)

ASD – *Autism spectrum disorder*

AUC – *Area Under the ROC Curve* (área sob a curva)

CDC – *Centers for Disease Control and Prevention.*

CEP – *Comitê de Ética e Pesquisa*

CID – Classificação Internacional de Doenças

CSV – *Comma Separated Values* (Valores Separados por Vírgulas)

DSM – Manual de Diagnóstico e Estatístico de Doenças Mentais

FCBF – *Fast Correlation Based Filter for Feature Selection* (Filtro rápido de correlação)

KNN – K-Nearest Neighbors

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

IR – *Infra Red* (Infravermelho)

ms - milissegundo

OGAMA – *Open Gaze And Mouse Analyzer* (Analisador Aberto de Olhar e Mouse)

OMS – Organização Mundial da Saúde

PCCR – *Pupil Center Tracking and Corneal Reflection* (Rastreamento do Centro da Pupila e Reflexão da Córnea)

PL – Projeto de lei

PoG- Posição do Olhar

PoR – Ponto de Interesse (*Point of Regard*)

px - *Pixel*

RMS – *Root Mean Square* (raiz média quadrática)

RO – Rastreador ocular (*eye-tracker*)

ROC – *Receiver Operating Characteristic* (Características operacionais do receptor)

TC – Indivíduo de desenvolvimento típicos

TEA – Transtorno do Espectro do Autismo

# 1 – INTRODUÇÃO

## 1.1 – Contextualização e Formulação do Problema

As peculiaridades presentes no TEA, segundo a (ZANON; BOSA, 2010), são separadas em três áreas:

- Problemas na interação social;
- Dificuldade na comunicação;
- Comportamentos estereotipados e reentrantes.

A incapacidade de desenvolver relacionamentos com outras pessoas é uma das características nos obstáculos da interação social, nesse, podem-se incluir pessoas no seu relacionamento habitual, como com crianças com a mesma idade mental. Nessa interação, existe a ausência de reciprocidade social e emocional; dificuldade em imitar, brincar e partilhar um foco de atenção; ausência de empreendimento na interação social; restrito reconhecimento de sentimentos, como por exemplo, a impassibilidade à dor, renúncia de toque físico, prioridade pela solidão; déficit na competência de entender e revidar um estímulo; inexistência ou aversão de contato visual.

Em relação ao déficit na linguagem, surgem problemas na elocução ou palavrado verbal e não-verbal, um bom exemplo é a falação sem norte, entoação variante, citações mal arquitetadas, ecolalia, complicações na pragmática, vocabulário carente e uso de configurações primitivas de entendimento.

Com relação às condutas estereotipadas, é habitual o aparecimento de condutas desajustadas, para exemplificar são citados os seguintes termos: relutâncias frequentes e inadequadas à sua idade, gargalhadas em momentos inapropriados, agitação corporal circular; veemência incomum para a sua idade;

apreensão invulgar; rituais e rotinas obsessiva, com complicação de adequação à transformação; agressividade e reações inapropriadas, como conduta de autolesão.

Para além desses presságios peculiares, um autista do mesmo modo pode apresentar outras especificidades como: déficits intelectivos (em contra ponto pode-se citar os Asperges, que possuem inteligência média ou superior, para determinados assuntos); déficits sensoriais; contrafações cognitivas, como por exemplo, a delimitação em uma parte de uma figura, de um objeto ou de uma paisagem, desprezando o todo; dificuldades físicas, tais como a epilepsia, os distúrbios do sono e gastrointestinais; empecilhos de aprendizagem; mudanças persistentes no temperamento.

Analisando todas essas características, nem sempre o autista tem 100% desses sintomas, pois, o TEA é um espectro. Assim essas características variam em intensidade e veemência, de leve a grave, em que a maior parte fica evidente nos primeiros anos da criança (TEIXEIRA et al., 2010).

Ponderado o estudo referente ao TEA e a averiguação facial, existem diversos indicativos de uma admissível decomposição ou insuficiência no processamento holístico. Em virtude disso, a carência de subsídios sólidos gera a obrigação desta pesquisa.

Além disso, a afinidade social ser indispensável para o ajustamento no relacionamento interpessoal, com a intenção de produzir a inclusão destes indivíduos na sociedade contemporânea, é conveniente explorar se na raiz das complicações de averiguação facial no TEA está implícito às insuficiências no processamento holístico. A elucidação do assunto é proeminente para se entender melhor a paridade entre o progresso do processamento holístico, a tentativa de relacionamento interpessoal e as complicações sociais no TEA. Considera-se que ainda é peremptório para as posteriores concepções de técnicas, ferramentas,

mecanismos, táticas e esquemas que contestem ou revalidem o ímpeto desse déficit.

## 1.2 – Objetivo

### 1.2.1 – Objetivo Geral

Desenvolver uma ferramenta computacional que auxilie a análise do processamento holístico facial de indivíduos no Transtorno do Espectro do Autismo que permita extrair padrões de comportamento com a função de pré-diagnosticar.

### 1.2.2 – Objetivos Específicos

- ❖ Realizar um levantamento bibliográfico das técnicas usadas para avaliar o espectro de forma quantitativa e qualitativa;
- ❖ Analisar o método e a ferramenta de rastreamento ocular, indicando seus benefícios e malefícios para comprovar o objetivo deste estudo;
- ❖ Avaliar se existe uma convergência no modelo de averiguação facial em indivíduos autistas;
- ❖ Indicar variáveis de medidas que podem ser detectadas por sistema de visão;
- ❖ Apresentar uma metodologia capaz de mapear o olhar dos indivíduos;
- ❖ Legitimar as atividades desenvolvidas com tal ferramenta;

### 1.3 – Hipótese

Em cargo da revisão bibliográfica realizada no referencial teórico, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- ❖ Será possível verificar as fixações e as sacadas por meio da ferramenta, indicando os locais por meio do mapa de calor;
- ❖ Será possível verificar distinção expressiva da averiguação facial entre indivíduos com TEA e indivíduos típicos;
- ❖ Os indivíduos com TEA têm tendência em não observar a região dos olhos das imagens analisadas;
- ❖ O tempo de reação na averiguação facial, entre os indivíduos com TEA, será mais prolongado;
- ❖ Com a comprovação das hipóteses, esse método poderá ser utilizado na percepção de psicólogos, contribuindo positivamente na prática da Psicologia Clínica;
- ❖ É possível identificar se um indivíduo é autista pelo comportamento da sua visão.

### 1.4 – Organização do Trabalho

O restante deste estudo está disposto da seguinte forma:

No **Capítulo 2**, será realizado um referencial teórico, em que se inicia com uma descrição das peculiaridades do indivíduo enquadrado no TEA, com um breve contexto histórico da quantidade de pessoas autistas no mundo e no Brasil. Em seguida, são expostos alguns estudos relacionados aos métodos de

diagnóstico. Na segunda parte do capítulo 2, é abordado como ocorre o processamento holístico na averiguação facial por indivíduos autistas, para isso, são repassados os marcadores de face, explicando como ocorre o processamento de face e os serviços empenhados no processamento holístico. Em seguida, explica-se o funcionamento do olho humano e as estratégias de *Eye-Tracking*, as técnicas de reconhecimento de fixações<sup>1</sup> e sacadas<sup>2</sup> da visão, além do funcionamento da câmera. Por fim, serão apresentados os softwares: de captação do olhar e outro de mineração de dados.

O [Capítulo 3](#) detalha a metodologia do trabalho. Explicando as variáveis do estudo e como podem ser divididos os grupos de estudo. Em seguida, são explicados todos os testes que serão utilizados para essa metodologia.

No [Capítulo 4](#), é descrito todo o experimento detalhando os equipamentos utilizados, o local de teste, a captação de imagens e a escolha do algoritmo de predição não-supervisionado.

No [Capítulo 5](#), serão apresentados, discutidos e analisados os dados e os resultados obtidos com a atividade experimental.

Finalizando com o [Capítulo 6](#) com as conclusões e em seguida com o [Capítulo 7](#), onde poderão ser encontradas as considerações finais, ou seja, formulação de conclusões a partir da análise dos dados coletados e, por fim, apresentação de sugestões para pesquisas futuras.

O [Capítulo 8](#), intitulado de posfácio, refere-se à opinião pessoal do autor.

---

<sup>1</sup> Movimentos oculares que estabilizam a retina ao longo de um objeto de interesse, em um período de 100 a 400 milissegundos (OGUSUKO; LUKASOVA; DE MACEDO, 2008).

<sup>2</sup> Movimentos oculares rápidos utilizados no reposicionamento da fóvea para um local novo no ambiente visual, em um período de até 100 milissegundos (OGUSUKO; LUKASOVA; DE MACEDO, 2008).

## 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 – Considerações do Transtorno do Espectro Autista

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) compreende muitas peculiaridades em diversos campos, tais como: as interações sociais e comunicação, as integrações sensoriais e a presença de comportamentos estereotipados e repetitivos (MAYES; BLACK; TIERNEY, 2013). Portanto, refere-se a uma natureza em que pode apresentar desde um diagnóstico singular ou apresentar múltiplos transtornos e/ou deficiências, inclusive, podendo ser composto em diversos e distintos níveis de comprometimento.

Em relação à interação social, comunicação e/ou linguagem, as crianças com TEA, na etapa pré-linguística, apresentam comprometimentos, em que alguns pais e/ou responsáveis acabam percebendo uma diferença de comportamento em relação às crianças normais. Algumas dessas diferenças estão entre a falta de espontaneidade e sintonia nas interações sociais, coisas simples como, por exemplo: seguir regras de um jogo, apontar objetos, compartilhar interesse em conversar com outras crianças. Isso estabelece as principais referências extemporâneas do TEA.

De acordo com (BACKES; ZANON; BOSA, 2013), a criança com TEA tende a apresentar uma linguagem verbal com especificidades bem peculiares, exemplos disso são: rituais verbais, ecolalia, idiossincrasias, jargões, entre outras que é algo muito ruim e complicado, pois em algumas situações ocorrem à perda das palavras ou expressões recém-adquiridas. Segundo (LEYFER et al., 2006), além desses comprometimentos que determinam o diagnóstico, existem diversos que ao mesmo tempo simbolizam processos do diagnóstico, como a presença de distúrbios alimentares, problemas de sono, hiperatividade, em alguns casos convulsões, entre outras perturbações. Em virtude de ser um desvio qualitativo da

formação, geralmente, no início, essas revelações são extremamente imperceptíveis ou até insignificantes. A assimilação precoce dos sintomas é considerada como um amplo desafio mundial e inclusive em nosso país. Lembrando que, quando o diagnóstico é verificado e comprovado tardiamente, a sintomatologia acaba ficando entranhada, assim, a intervenção para seu tratamento fica totalmente comprometida.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) tem uma perspectiva que existe uma quantidade de aproximadamente 76 milhões de autistas no mundo, o equivalente a 0,62% da população mundial. Levando em conta esses números, pode-se presumir que a quantidade de autistas **no Brasil é de aproximadamente de 1 milhão de indivíduos**. No entanto, esse número é apenas uma suposição, por um motivo bem simples, infelizmente no **Brasil não existem números oficiais de quantidade de autistas**.

Outra análise que se deve levar em consideração é a do crescimento exponencial de autistas. Segundo o *Centers for Disease Control and Prevention (CDC)* (CHRISTENSEN et al., 2016), nos anos 80, existia 1 (um) autista para cada 2 (dois) mil crianças. Em 2012, verificou-se que uma em cada 88 crianças norte-americanas estaria dentro do espectro autista. Finalmente, em 2014, foi realizada uma pesquisa onde mostra a prevalência do TEA nos Estados Unidos da América (USA), a partir dos resultados, concluiu-se que houve um aumento de 30% na população autista. Em relação aos valores repassados, chegou-se a um dado impressionante de 1 (um) em cada 68 (sessenta e oito) crianças com até oito anos está dentro do transtorno do espectro autista (BAXTER et al., 2015). Na figura 1<sup>3</sup>, é possível verificar o aumento da quantidade de autistas nos EUA.

---

<sup>3</sup>Figura retirada do site: <https://www.revistaautismo.com.br/noticias/quantos-autistas-ha-no-brasil/> no dia 10/04/2018.

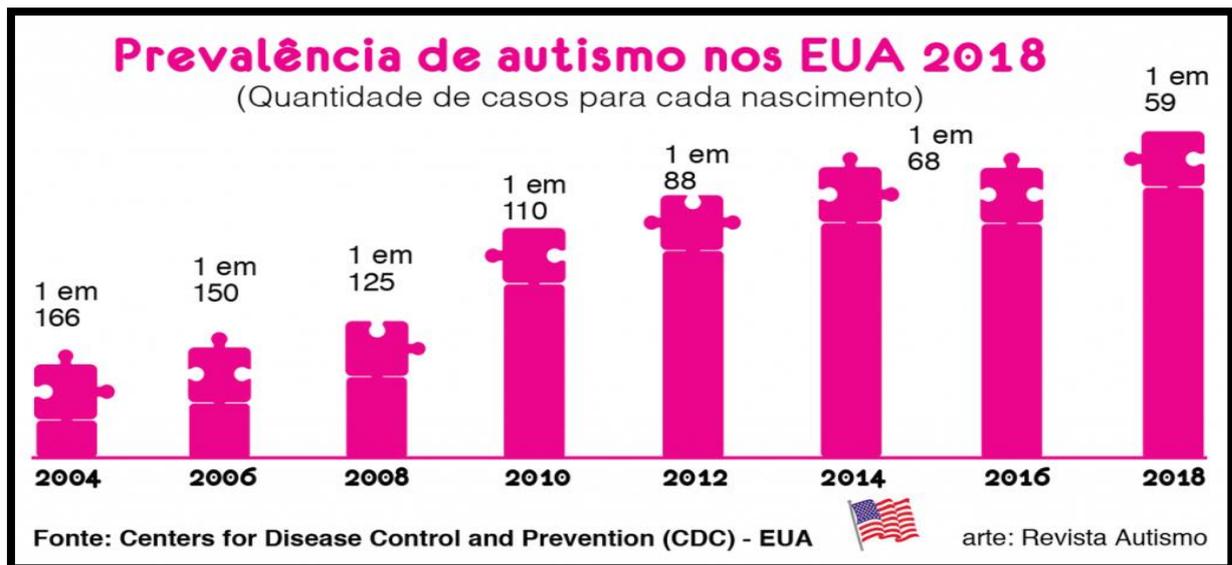


Figura 1 – Representação gráfica do número de nascimento de autistas nos EUA.

Possivelmente, essas quantidades não necessariamente constituem uma ampliação verdadeira dos fatos, entretanto, derivam de um bom estudo da patologia e, conseqüentemente de meios de divulgação, de avaliação e de exame de saúde mais apropriados.

#### 2.1.1 – Autismo no Brasil

Existem poucos estudos estatísticos no Brasil referentes ao tema, um deles foi realizado em 2011, um projeto feito em Atibaia – SP (PAULA et al., 2011) com o resultado de 1 autista para 367 crianças, em um total de 20 mil habitantes. Outro estudo realizado em São Paulo – SP (RIBEIRO et al., 2017), refere-se à idade média do diagnóstico de autismo, obteve um resultado de 4 anos e 11 meses. Fazendo uma comparação direta com os EUA, essa idade cai para 4 anos conforme (WINGATE et al., 2014).

O IBGE nunca realizou um censo com relação ao número de autistas no Brasil. No entanto, existe um projeto de lei (PL) tramitando na Câmara Legislativa. O projeto de lei 6.575/2016 foi aprovado na câmara legislativa e dirigido para o senado, essa PL torna obrigatória a coleta de dados e informações sobre autismo nos próximos censos.

Enquanto o censo não é realizado no Brasil, é possível ter uma noção da quantidade de indivíduos inclusos no TEA, por meio do Censo Escolar 2016, divulgado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira– INEP. Dentre um total de 53.024.238 (Cinquenta e três milhões vinte e quatro mil e duzentos e trinta e oito) estudantes, existem 105.842 (Cento e cinco mil oitocentos e quarenta e dois) estudantes com autismo. Assim sendo, uma proporção de 1 estudante autista para cada 501 estudantes no Brasil.

## 2.2 – Diagnóstico e avaliação

As informações referentes ao autismo revelam indicativos evolutivos, contudo, o transtorno surpreende pela sua grande variedade de peculiaridades e pelo fato da maior parte das ocasiões, a criança autista ter um aspecto físico normal e no mesmo instante um aspecto desigual de desenvolvimento. A incidência do transtorno é mutável de acordo com o discernimento usado por cada observador. A maioria das crianças diagnosticadas é do sexo masculino, mesmo que na apreciação etiológica razoavelmente não se depreenda com um número considerável de patologias atreladas ao cromossomo X (MARCO; SKUSE, 2006). Esse espectro acomete do mesmo modo em famílias de diversas raças, credos ou classes sociais.

O diagnóstico atualmente é conseguido por meio de avaliação clínica. Ainda que, eventualmente, apareçam claros sinais de TEA antes dos 18 meses de vida, esporadicamente o exame de saúde é irrefutável antes dos 2 anos de idade, entretanto a idade mais habitual de fechar o diagnóstico ocorre após os 30 meses de vida. **Infelizmente não existem exames laboratoriais exclusivos para a sua detecção.** Contudo, no tentame de padronizar o exame de saúde, foram produzidas escalas, planilhas e questionários, para esse fim de categorização. O mais utilizado é a Classificação Internacional de Doenças (CID – 10) da

Organização Mundial de Saúde e o Manual de Diagnóstico e Estatístico de Doenças Mentais (DSM – V) da Academia Americana de Psiquiatria (APA, 2014).

O DSM-V reagrupa os discernimentos do exame de saúde em três, relacionados ao comportamento e um relacionado de acordo com a ordem normal dos acontecimentos, durante um determinado tempo.

Na Tabela 1, encontram-se os critérios de análise que afluem para obstáculos proeminentes na interação social, na comunicação e no progresso de condutas estereotipadas que distinguem os indivíduos autistas dos outros indivíduos.

Além da análise descrita pela DSM – V é conveniente realizar exames complementares, como por exemplo: eletro encefalograma, ressonância magnética, tomografias, potencial evocado auditivo, entre outros, na direção de concluir como TEA e de distingui-la de outras síndromes.

Veja a Tabela 1 logo em seguida.

Tabela 1 – Critérios dos diagnósticos do DSM – V para TEA.

CRITÉRIOS DIAGNÓSTICOS DO DSM – V PARA TEA(F84.0)
<p><b>A. Déficits persistentes na comunicação social e na interação social em múltiplos contextos, conforme manifestado pelo que segue, atualmente ou por história prévia (os exemplos são apenas ilustrativos, e não exaustivos; ver o texto):</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Déficits na reciprocidade socioemocional, variando, por exemplo, de abordagem social anormal e dificuldade para estabelecer uma conversa normal a compartilhamento reduzido de interesses, emoções ou afeto, a dificuldade para iniciar ou responder a interações sociais.</li><li>2. Déficits nos comportamentos comunicativos não verbais usados para interação social, variando, por exemplo, de comunicação verbal e não verbal pouco integrada a anormalidade no contato visual e linguagem corporal ou déficits na compreensão e uso gestos, a ausência total de expressões faciais e comunicação não verbal.</li><li>3. Déficits para desenvolver, manter e compreender relacionamentos, variando, por exemplo, de dificuldade em ajustar o comportamento para se adequar a contextos sociais diversos a dificuldade em compartilhar brincadeiras imaginativas ou em fazer amigos, a ausência de interesse por pares.</li></ol> <p>Especificar a gravidade atual: A gravidade baseia-se em prejuízos na comunicação social e em padrões restritos ou repetitivos de comportamento.</p> <p><b>B. Padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades, conforme manifestado por pelo menos dois dos seguintes, atualmente ou por história prévia (os exemplos são apenas ilustrativos, e não exaustivos; ver o texto):</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Movimentos motores, uso de objetos ou fala estereotipados ou repetitivos (ex: estereotipias motoras simples, alinhar brinquedos ou girar objetos, ecolalia, frases idiossincráticas).</li><li>2. Insistência nas mesmas coisas, adesão inflexível a rotinas ou padrões ritualizados de comportamento verbal ou não verbal (ex: sofrimento extremo em relação a pequenas mudanças, dificuldades com transições, padrões rígidos de pensamento, rituais de saudação, necessidade de fazer o mesmo caminho ou ingerir os mesmos alimentos diariamente).</li><li>3. Interesses fixos e altamente restritos que são anormais em intensidade ou foco (ex: forte apego a ou preocupação com objetos incomuns, interesses excessivamente circunscritos ou perseverativos).</li><li>4. Hiper ou hiporreatividade a estímulos sensoriais ou interesse incomum por aspectos sensoriais do ambiente (ex: indiferença aparente a dor/temperatura, reação contrária a sons ou texturas específicas, cheirar ou tocar objetos de forma excessiva, fascinação visual por luzes ou movimento).</li></ol> <p>Especificar a gravidade atual: A gravidade baseia-se em prejuízos na comunicação social e em padrões restritos ou repetitivos de comportamento.</p> <p><b>C. Os sintomas devem estar presentes precocemente no período do desenvolvimento (mas podem não se tornar plenamente manifestos até que as demandas sociais excedam as capacidades limitadas ou podem ser mascarados por estratégias aprendidas mais tarde na vida).</b></p> <p><b>D. Os sintomas causam prejuízo clinicamente significativo no funcionamento social, profissional ou em outras áreas importantes da vida do indivíduo no presente.</b></p> <p><b>E. Essas perturbações não são mais bem explicadas por deficiência intelectual (transtorno do desenvolvimento intelectual) ou por atraso global do desenvolvimento. Deficiência intelectual ou transtorno do espectro autista costumam ser comórbidos; para fazer o diagnóstico da comorbidade de transtorno do espectro autista e deficiência intelectual, a comunicação social deve estar abaixo do esperado para o nível geral do desenvolvimento.</b></p> <p><b>Nota:</b> Indivíduos com um diagnóstico do DSM-IV bem estabelecido de transtorno autista, transtorno de Asperger ou transtorno global do desenvolvimento sem outra especificação devem receber o diagnóstico de transtorno do espectro autista. Indivíduos com déficits acentuados na comunicação social, cujos sintomas, porém, não atendam, de outra forma, critérios de transtorno do espectro autista, devem ser avaliados em relação a transtorno da comunicação social (pragmática).</p> <p>Especificar se: Com ou sem comprometimento intelectual concomitante; Com ou sem comprometimento da linguagem concomitante; Associado a alguma condição médica ou genética conhecida ou a fator ambiental (Nota para codificação: Usar código adicional para identificar a condição médica ou genética associada.); Associado a outro transtorno do neurodesenvolvimento, mental ou comportamental (Nota para codificação: Usar código[s] adicional[is] para identificar o[s] transtorno[s] do neurodesenvolvimento, mental ou comportamental associado[s].); Com catatonia (consultar os critérios para definição de catatonia associados a outro transtorno mental, p. 119-120) (Nota para codificação: usar o código adicional 293.89 [F06.1] de catatonia associada a transtorno do espectro autista para indicar a presença de catatonia comórbida.).</p>

## 2.3 – TEA e Averiguação de Faces

Considerando as informações do estudo de (WANG et al., 2015), **não existe uma relação direta entre o relacionamento interpessoal e o contato visual e/ou a averiguação facial das expressões de emoções de outros indivíduos**. Na revisão realizada por (WEIGELT; KOLDEWYN; KANWISHER, 2012), foi constatado que dos noventa (90) estudos, quarenta e seis (46) evidenciaram que o entendimento da face é comprometido em crianças com TEA, enquanto que quarenta e quatro (44), não foram identificados diferença entre crianças com TEA e com desenvolvimento típico. No entanto, a respeito desses saldos, foram identificadas discrepâncias quantitativas nas tarefas de averiguação de faces, principalmente em tarefas que comprometem reminiscência das faces, inclusive em circunstâncias em que somente a memória de curto período é importante e em tarefas que envolvem a área dos olhos. Analisando os resultados mostrados por (WEIGELT; KOLDEWYN; KANWISHER, 2012), pode-se verificar que a área dos olhos é a parte que mais compromete a averiguação da face pelo autista.

### 2.3.1 – Marcadores de Faces

Na revisão de (WEIGELT; KOLDEWYN; KANWISHER, 2012), estão englobados estudos que utilizam os seguintes marcadores de Faces:

- Efeito de inversão de face;
- Efeito parte todo;
- Efeito composto;
- Recursos internos versus externos;
- Espaço facial – efeitos posteriores da adaptação da face;
- Ilusão de Thatcher;
- Viés do lado esquerdo.

Sintetizando os estudos sobre marcadores faciais, na revisão de (WEIGELT; KOLDEWYN; KANWISHER, 2012), as peculiaridades tradicionais da averiguação facial, como o efeito de inversão da face e o efeito parte todo, são inconfundíveis em pessoas com TEA, como pode ser verificado na Figura 2<sup>4</sup>, os indivíduos com TEA são bem sutis a ilusão de Thatcher. Referente ao caso de efeito composto, nessa revisão ficou claro que existem duas pesquisas com saldos contraditórios, o qual foi respondido pela possível heterogeneidade nas figuras experimentais. Com relação ao efeito interno versus externo, nada ficou comprovado com uma relação direta aos indivíduos com TEA, mostrando serem necessários novos estudos. Os marcadores de espaço facial demonstraram uma resposta semelhante ao do efeito interno versus externo, pois não ficou óbvio se os efeitos são mais fracos ou conjecturam um déficit de adequação ao autismo.

A Figura 2 é um gráfico que representa todos os 90 estudos da revisão de (WEIGELT; KOLDEWYN; KANWISHER, 2012). No eixo das abscissas, é indicado a quantidade de estudos, enquanto que no eixo das ordenadas, é indicado o efeito estudado. As cores do gráfico indicam o desempenho do indivíduo com TEA em relação com o desempenho do indivíduo de desenvolvimento típico (TC), da seguinte forma: azul (desempenho bom), violeta (desempenho mesclado) e vermelho (desempenho ruim).

---

<sup>4</sup> Figura retirada do artigo (WEIGELT; KOLDEWYN; KANWISHER, 2012)

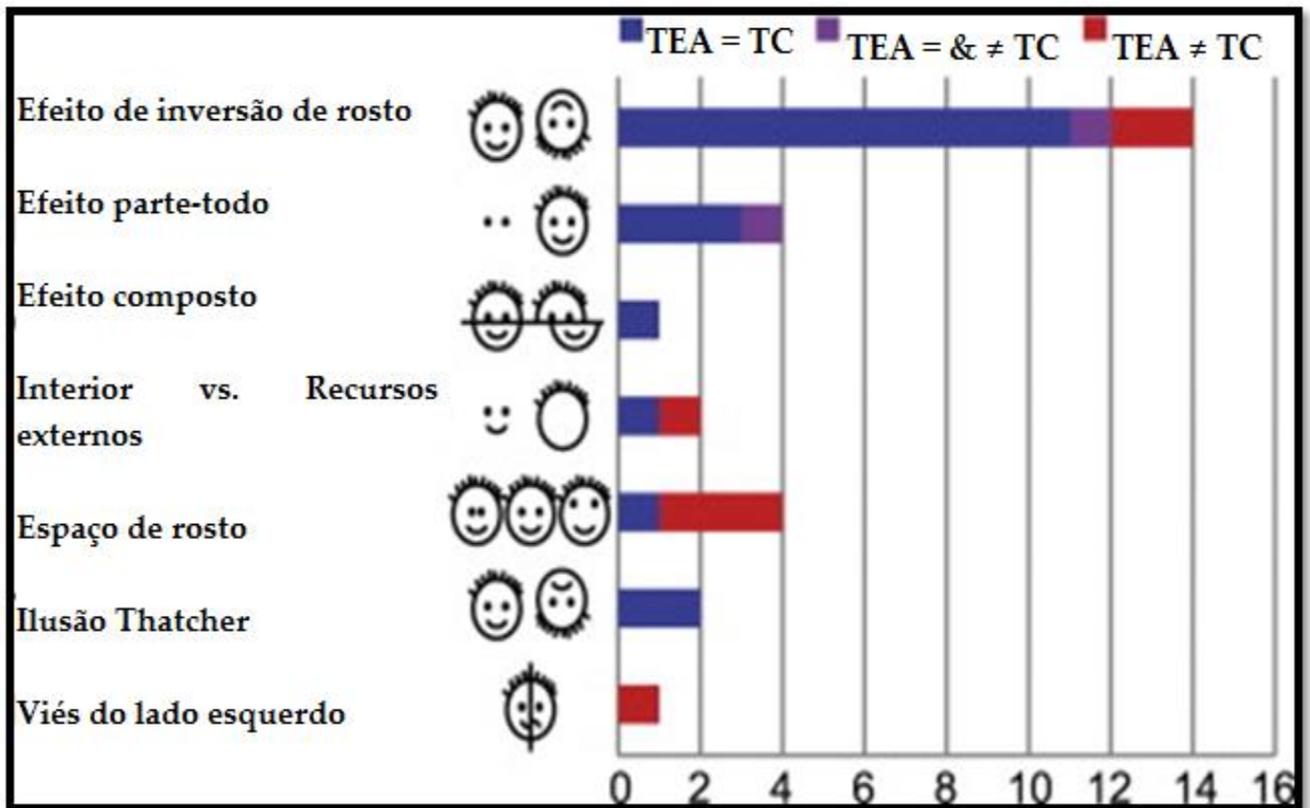


Figura 2 – Gráfico ilustrativo e comparativo de diversos marcadores faciais.

Para um melhor entendimento das composições indicadas na Figura 2, observe os exemplos na Tabela2. Utilizando os seguintes marcadores de face:

- *Face inversion effect* (Efeito de inversão de rosto)<sup>5</sup>
- *Part-whole effect* (Efeito parte-todo)<sup>6</sup>
- *Composite effect* (Efeito composto)<sup>7</sup>
- *Inner vs. Outer features* (Interior vs. Recursos externos)<sup>8</sup>
- *Face space* (Espaço de rosto)<sup>9</sup>
- *Thatcher illusion* (Ilusão Thatcher)<sup>10</sup>
- *Left side bias* (Viés do lado esquerdo)<sup>11</sup>

<sup>5</sup> Foto retirada do artigo(WATSON, 2013)

<sup>6</sup> Foto retirada do artigo (BORTOLON; CAPDEVIELLE; RAFFARD, 2015)

<sup>7</sup> Foto retirada do artigo (WATSON, 2013)

<sup>8</sup> Foto retirada do artigo (WATSON, 2013)

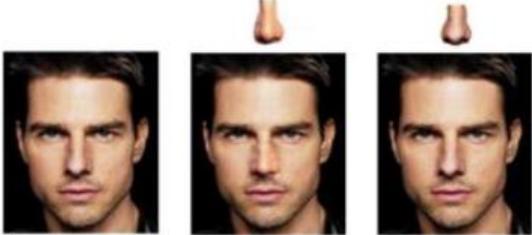
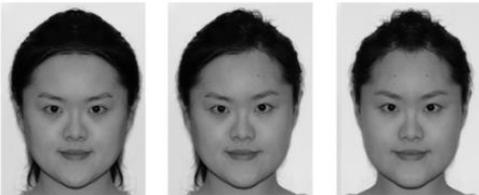
<sup>9</sup> Imagem retirada do artigo (TANAKA; SIMONYI, 2016)

<sup>10</sup> Foto retirada do artigo (WATSON, 2013)

<sup>11</sup> Foto verificada no site em

07/06/2019 <https://journals.plos.org/plosone/article/figure?id=10.1371/journal.pone.0194405.g001>

Tabela 2 – Lista de figuras para exemplificar os marcadores faciais.

Marcadores Faciais	Fotos
<i>Face inversion effect</i> (Efeito de inversão de rosto)	
<i>Part-whole effect</i> (Efeito parte-todo)	
<i>Composite effect</i> (Efeito composto)	
<i>Inner vs. Outer features</i> (Interior vs. Recursos externos)	
<i>Face space</i> (Espaço de rosto)	
<i>Thatcher illusion</i> (Ilusão Thatcher)	
<i>Left side bias</i> (Viés do lado esquerdo)	<p style="text-align: center;">L J    L R    R Я</p> 

### 2.3.2 – Memória de Identidade de Rosto e Percepção

Pelo estudo de (WEIGELT; KOLDEWYN; KANWISHER, 2012), observa-se que a percepção da identidade facial (Figura 3<sup>12</sup>), indicam que os indivíduos com TEA quando comparado com os indivíduos TC, tendem a ter dificuldades em tarefas que demandam memória. A necessidade de possuir uma memória para a averiguação facial também é evidente na percepção em que existem figuras sequenciais, onde, novamente, o desempenho dos autistas ficou abaixo dos típicos. No entanto, não existe diferença entre ambos, referente a exposições concomitantes de estímulos. Portanto, mesmo que a pendência da memória seja ínfima, tem um momento satisfatório no progresso da averiguação facial nos autistas. Ficando evidente o fato que existe um impedimento para os autistas, no discernimento de reconhecer os olhos, no entanto tem um discernimento análogo aos típicos quando a boca é o foco.

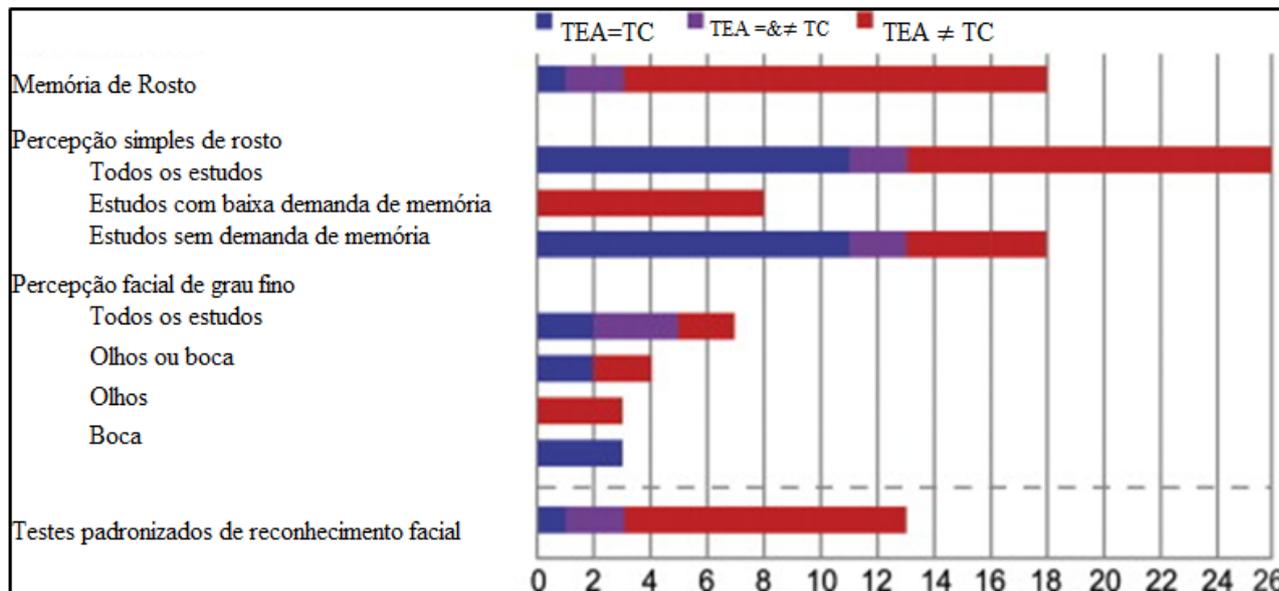


Figura 3 – Diagrama referente à memória e percepção da identidade facial.

Quando comparado a averiguação não só com a face, mas com figuras padronizadas, como por exemplo: automóveis, edifícios, utensílios domésticos e animais. Dos 15 estudos analisados, no resumo de (CYGAN et al., 2018), em todos

<sup>12</sup>Figura retirada do artigo (WEIGELT; KOLDEWYN; KANWISHER, 2012)

os autistas foram considerados abaixo em relação aos típicos na averiguação facial, no entanto, 11 dos 15, ou seja, 73,33% dos estudos, o autista igualou-se ou ficou com desempenho acima referente à averiguação de figuras padronizadas. Mostrando que o autista tem tendência para a prosopagnosia<sup>13</sup>, ou melhor, maior problema na averiguação específica do rosto, como afirma (CYGAN et al., 2018).

Para analisar a Figura 3, use-se o mesmo padrão da Figura 2, a quantidade de estudos que comparam o desempenho azul (bom), violeta (mesclado) e vermelho (ruim) de indivíduos com TEA comparado com indivíduos de desenvolvimento típicos (TC), em tarefas de reconhecimento de identidade facial. O mais importante do quadro é identificar que os autistas tiveram grande dificuldade na região dos olhos, mas facilidade em reconhecer a região da boca. Além de dificuldade igualitária quando observado tanto os olhos quanto a boca.

O artigo escrito por (ALBRECHT et al., 2014) tem como objetivo definir e comparar as habilidades de indivíduos com TEA e indivíduos TC na averiguação facial, para isso, ele utilizou o marcador de face efeito parte todo (*Part-whole effect*), com o dispositivo *eye-tracking* (rastreamento ocular). O estudo mostra que a maneira como cada grupo (TEA ou TC) tem um padrão distinto na fixação do olhar para a averiguação facial. **Os autistas tiveram poucas fixações, no entanto, mais prolongadas, principalmente nas áreas da boca e dos olhos, dificultando uma análise global da face.** Para ratificar essa situação, pode-se verificar no estudo de (BROWN; BEBKO, 2012), a afirmação de que um indivíduo autista tem **tendência em focar apenas uma parte do rosto, enquanto que o processamento holístico necessita uma apreciação integral do rosto.** Caso não ocorra essa apreciação, o reconhecimento ficará comprometido na configuração integral.

Uma boa comparação de análise facial foi realizada por (FALKMER et al., 2010), em seu trabalho, existe uma comparação entre grupos de adultos e também

---

<sup>13</sup>Inabilidade de distinguir face de pessoas, comprometimento em determinada área do cérebro, provocando insuficiência no reconhecimento do rosto, inclusive quando este é íntimo.

de crianças. **O grupo dos adultos mostrou um bom desenvolvimento da habilidade cognitiva para a averiguação facial, diferente do que ocorre entre as crianças.**

Outros indicativos de um aceitável déficit no processamento de faces são imagens cerebrais capturadas no decorrer do método de averiguação. Em sujeitos com desenvolvimento típico, tem acionamento da região do córtex temporal ventral segundo (KANWISHER; MCDERMOTT; CHUN, 2018); todavia, em sujeitos dentro do TEA, ocorre um menor acionamento dessa área cerebral, como afirma (HADJIKHANI et al., 2007), e um maior acionamento do funcionamento temporal inferior, ou seja, a mesma área ativada na averiguação de incitação não facial em sujeitos típico de acordo com (WATSON, 2013). O modelo de acionamento dessa estrutura no momento da averiguação facial por sujeitos no TEA é análogo ao modelo de acionamento usado por sujeitos típicos no momento de averiguação de objetos padrões, afirma (FULBRIGHT et al., 2003), ou seja, os sujeitos no TEA utilizam a mesma estratégia discriminatória para faces e objetos. Pode-se considerar que a habilidade de processamento holístico é aperfeiçoada por meio da experiência vivida e o autista tende a ter dificuldade de aquisição por meio dela. Assim com essa ausência, o sujeito terá dificuldade para a averiguação facial. Pois segundo (WATSON, 2013), **os autistas são mais subordinados a recomendações e indicativos verbais.** Em resumo, o aglomerado de estudos indica um déficit da habilidade de averiguação facial no indivíduo com TEA.

#### 2.4 – Processamento de Faces

A face de um indivíduo é extremamente importante para averiguar a sua identidade, o qual pode ser analisado como uma habilidade para a interação social entre as pessoas.

(BREWER et al., 2019) afirma que existem três etapas nesse processamento:

1. Localização de face (consiste em discernir dentre faces e diferentes estímulos);
2. Processamento holístico (*check-up* da forma);
3. Discernimento da face (*check-up* dos dados retirados na etapa 2).

Nessa separação do processamento holístico, intervêm os processos que abrangem: localização, discernimento e averiguação de face (RICHLER; CHEUNG; GAUTHIER, 2011).

Diferentemente dos objetos que usualmente são averiguados como elementos de uma proporcionada categoria (TORRALBA; OLIVA, 2003), o reconhecimento de faces aborda-se de um processo envolto de uma mesma categoria de objetos. Em virtude de todas as faces serem constituídas e formadas pelo mesmo conjunto de informações (olhos, boca, nariz e etc.), organizados na mesma formação, a diferenciação e o reconhecimento de face não pode reprimir-se à assimilação das informações que a constitui. Assim essa averiguação é realizada por meio de um processamento holístico, diferente da averiguação de objetos. De maneira perceptível, a face tem que ser analisada como um todo, no entanto, sendo admissível a diferenciação e assimilação de faces por meio do processamento das partes e também das relações existentes entre cada parte (RICHLER; CHEUNG; GAUTHIER, 2011).

No estudo de (RICHLER; GAUTHIER, 2014), os resultados mostram que o processamento holístico é superior na averiguação do objeto no momento que é precedido por uma face alinhada, isso é o processamento holístico usado na averiguação de face dirige-se para o reconhecimento do objeto, diferente do que ocorre quando o processamento antecedente não é holístico.

## 2.5 – Serviços Empenhados no Processamento Holístico

A condição holística do processamento das faces é evidenciada em três tipos de serviços:

- Faces Compostas;
- *Part-to-whole*;
- Efeito inversão.

O serviço de faces compostas é rotulado como um serviço que melhor afere o grau de processamento holístico. Incide na exposição contínua de duas faces repartidas ao meio, combinadas por duas metades de faces desiguais, podendo ser congruente ou incongruente.

(TANAKA et al., 2012) explica que face composta incongruente é aquela que tanto a parte superior quanto a parte inferior estão reproduzindo sentimentos diferentes, ou seja, uma feliz e outra triste. Enquanto uma face composta congruente é aquela que ambas as parte reproduzem o mesmo sentimento.

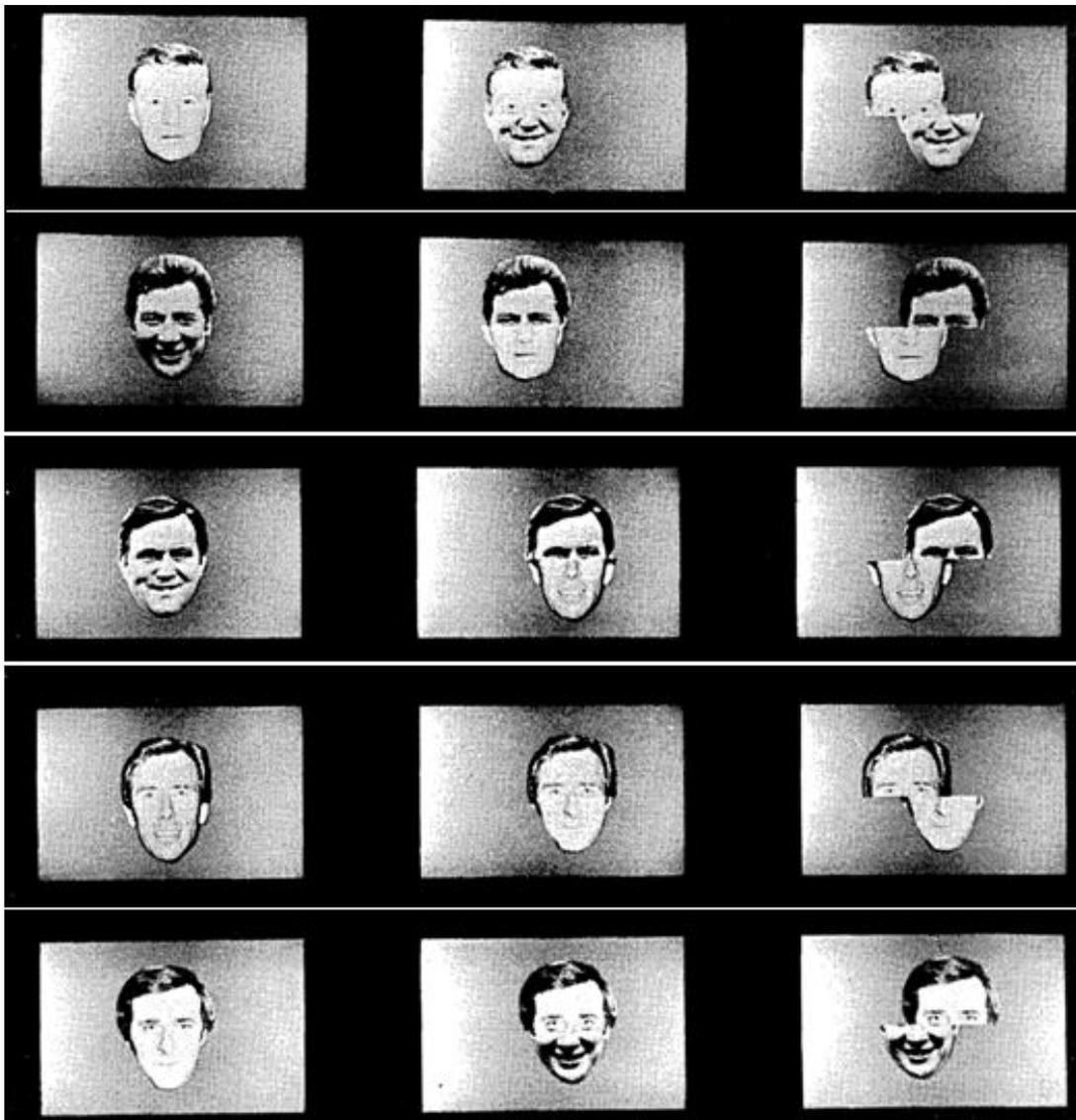
No trabalho de (YOUNG; HELLAWELL; HAY, 2013), foram realizados 4 (quatro) experimentos relacionados ao serviço Faces Compostas. Na Figura 04<sup>14</sup>, é possível verificar o experimento 01, onde na primeira coluna, está a foto original, na segunda coluna, a figura composta e alinhada, enquanto que na terceira coluna, a figura é composta e desalinhada.

Esses experimentos sugerem a fusão de fotografias de rostos. Misturando parte superior com parte inferior de faces conhecidas e/ou familiares, nessa situação, obteve-se uma resposta muito favorável, diferentemente do que ocorreu com o experimento 02, pois foi realizado com composição vertical. Assim, mostrando que o corte horizontal é mais preciso para a análise do processamento holístico. No experimento 03, foram utilizadas fotos de rostos desconhecidos, o

---

<sup>14</sup> Figura retirada do artigo (YOUNG; HELLAWELL; HAY, 2013)

que interferiu diretamente no resultado, pois o tempo de reação na identificação dos rostos foi o maior dentre eles.



**Figura 4 – Sequência de fotos onde na primeira coluna, a foto original, na segunda coluna, a figura composta e, na terceira coluna, a figura não composta.**

No experimento 04, foram usados rostos familiares e composições diferentes, como pode ser verificado na Figura 5<sup>15</sup>. Esses dados evidenciam a influência dos dados configurais na percepção do rosto, principalmente a região dos olhos.

Quando a face é verificada por completo, os indivíduos têm propensão a responder com maior garantia de certeza em imagens alinhadas às desalinhadas.

<sup>15</sup> Figura retirada do artigo de (YOUNG; HELLAWELL; HAY, 2013)

Pois com o desalinhamento, existe uma desordem no processamento holístico, facilitando a assimilação das afinidades ou das discrepâncias (RICHLER; CHEUNG; GAUTHIER, 2011).

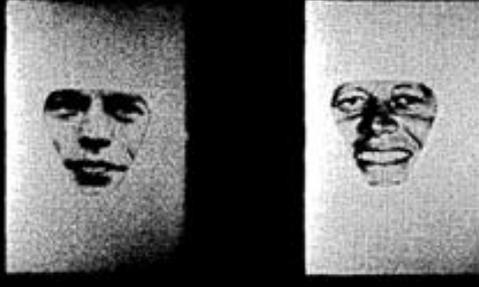
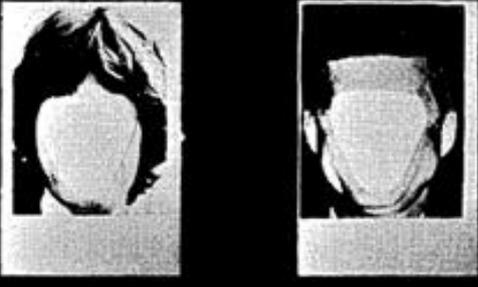
	Serviço de recursos internos	Serviço de recursos externos
Rosto completo		
Face de peça		
Não composta		
Composta		

Figura 5– Resposta a todos os estímulos na primeira e na terceira colunas.

Um prólogo do estudo de reconhecimento facial é que um rosto não é compreendido como uma coletânea de alegorias ponderadas individualmente, como por exemplo: olho e nariz, no entanto, como uma composição total. Ou seja, o rosto é o resultado de todas estas alegorias, é necessário incluir todos os detalhes, desde uma pequena pinta na bochecha como a cor dos olhos. Pois, a soma de todas essas características é notada de forma rápida e precisa sem a necessidade de grande esforço, este processo é conhecido como processamento holístico.

Segundo (TANAKA; SIMONYI, 2016), o serviço composição de face ressalta a atenção holística, enquanto que *part-to-whole* (parte com o todo) ressalta os efeitos do processamento holístico na memória de longo tempo. No estudo, a experiência onde os participantes têm que identificar partes do rosto de indivíduos, como pode ser verificado na Figura 06<sup>16</sup>.

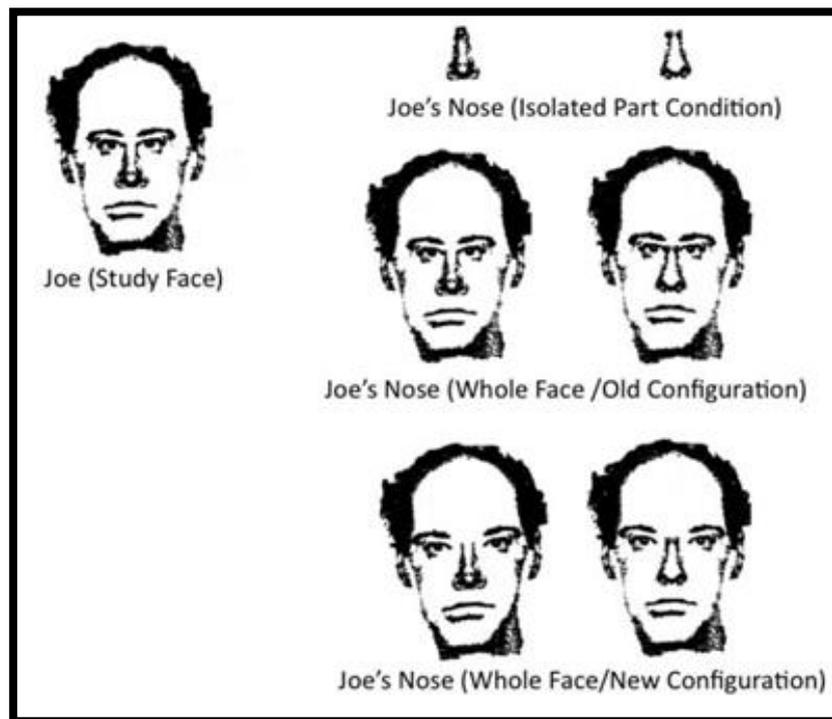


Figura 6 – Exemplo de paradigma de reconhecimento holístico. A característica do nariz de Joe é testada: em isolamento; em toda a face com configuração estudada.

<sup>16</sup> Figura retirada do artigo: (TANAKA; SIMONYI, 2016).

Essa experiência da Figura 06 ocorreu da seguinte forma: os participantes estudam uma sequência de nomes e rostos de indivíduos desconhecidos, para a prática foram: Joe, Bob e Fred. Em seguida, é testada a memória do participante em relação aos componentes da face, como por exemplo: o nariz de Joe é testado isoladamente ou no contexto da face inteira. Se a memória para os recursos individuais de uma face for integrada à representação holística da face, o reconhecimento da parte da face deve ser melhor quando apresentado no contexto de toda a face do que quando testado isoladamente. A diferença no reconhecimento de parte e todo é um índice de processamento holístico.

Quanto maior a discrepância na condição de configuração antiga de toda a face, em analogia à condição de peça isolada, maior será o processamento holístico. Alternativamente, se um rosto é lembrado em termos de partes constituintes, como por exemplo: lembrar-se de Joe somente pelo seu nariz peculiar, o reconhecimento da parte não deve ser mais perfeito quando proporcionado no contexto de todo o rosto. Consistente com a previsão holística, um benefício garantido é localizado quando a face é testada em toda a face de configuração antiga do que quando testada isoladamente e toda nova face de configuração. Portanto, para (TANAKA; SIMONYI, 2016), a memória para um único elemento de um rosto está embutida em nossa memória para todo o rosto.

Para (KANWISHER; YOVEL, 2006), o Efeito de Inversão, embora não seja uma medida de processamento holístico, facultam dados a propósito do processamento da configuração, pois é mais simplificado distinguir uma face proporcionada na vertical, configuração natural, do que se essa estiver inversa (KANWISHER; YOVEL, 2006).

No estudo de (RICHLER; CHEUNG; GAUTHIER, 2011), múltiplos aspectos do processamento holístico têm sido especulados, dentre os quais, o instante em que o processamento acontece precoce ou extemporâneo. Essa questão pode ser

averiguada por meio da manipulação do período de apresentação da face que é imprescindível para que o processamento holístico aconteça.

O efeito holístico era modificado com o momento de apresentação a uma face. Dispuseram três suposições:

- A. O efeito holístico desenvolve com o tempo de apresentação, havendo disparidades mais relevantes entre serviço congruente e incongruente no decorrer do tempo;
- B. O efeito holístico é elevado quando o tempo de apresentação é baixo;
- C. O efeito holístico está presente de equivalente maneira independente do tempo de apresentação.

Os resultados indicaram uma maior aquiescência com a suposição C, onde os voluntários deduziram que as faces mesmo expostas de maneira rápida, esses são processados de forma holística, não sendo obrigatório um processamento particularizado e diferenciado dos elementos individuais da face. Isto é uma manipulação do tempo de codificação a não comprometer a assistência ou a magnificência de processamento holístico (RICHLER; CHEUNG; GAUTHIER, 2011).

## 2.6 – Evidências de Processamento Holístico

As evidências extraídas dos serviços experimentais, evidências procedentes de pesquisas realizadas por meio de diagnóstico por imagem cerebral, conexas com os déficits em indivíduos com lesão cerebral indicam a existência de uma área cortical particularizada no processamento das faces, como afirma (KANWISHER; YOVEL, 2006).

Embora exista mais que uma área cortical que recebe acionamento no momento do reconhecimento facial, como por exemplo: a zona do lobo occipital, a

região do sulco temporal superior e a que se realça é a região do giro fusiforme. O que pode ser perceptível por meio de imagens cerebrais capturadas durante serviços de reconhecimento de facial, que permitem o efeito composto e o efeito de inversão. Isso exprime que há um maior acionamento do elemento cortical quando o serviço é dado de maneira congruente, assim como quando a face é dada na vertical. Outro indicativo dessa especialização é o grande grau de acionamento da Área Fusiforme Facial quando o serviço de reconhecimento abrange faces, quando colacionada com um serviço abrangendo não faces (KANWISHER; YOVEL, 2006).

No estudo de (PELLICANO; RHODES, 2003), foi indicado que a experiência de vida tem influência no progresso do processamento holístico, onde essa capacidade pode ser formada e/ou aperfeiçoada por volta dos 6 anos de vida.

(DALRYMPLE; GARRIDO; DUCHAINE, 2014), afirma que existe uma variedade de idade para o amadurecimento das capacidades referentes à averiguação de faces. Ou seja, a memória de face está conexa com o arquivamento e a distinção de faces unificadas na memória de longo tempo determinado, é uma vocação que tende a ser aperfeiçoado ao longo dos primeiros 10 anos, por meio da ampliação no intercâmbio social e/ou o amadurecimento cerebral. Entretanto, (DIMITRIOU et al., 2015) adverte que o processamento holístico já é evidente aos 4 anos de vida, assim como nos primeiros 12 meses, a criança tem habilidade de reconhecer a face de pessoas familiares, além das expressões e/ou emoções desses indivíduos.

Com essas evidências, o reconhecimento facial é atingido por meio do desenvolvimento do processamento holístico e não de um método particularizado das partes que constituem a face humana. Entretanto, o processamento holístico pode ser desenvolvido de maneira automática ao longo da vida, por meio da interação social e pelas experiências vivenciadas.

Segundo (TANAKA et al., 2012b), a **dificuldade de interação social de crianças com TEA explica um dos motivos de suas dificuldades na averiguação facial**, ou seja, o restrito intercâmbio social reduz as vivências imprescindíveis para o progresso e evolução dos processamentos holísticos.

## 2.7 – Funcionamentos do Olho Humano

A composição do olho humano é constituída por: pupila, íris, esclera, cristalino, córnea, coróide, corpo ciliar, nervo óptico e humor vítreo. Esse órgão sensorial é especializado em localizar, encontrar e analisar os elementos luminosos do espaço, pois sem luz não é possível enxergar. A pupila é um orifício que possibilita a passagem de luz para a retina. Ao redor da pupila encontra-se a íris, a qual possui pigmentação para que o olho tenha cor. Por sua vez, a íris está conectada a dois músculos aptos para encolher ou alargar, alterando o seu volume. A córnea reveste tanto a pupila quanto a íris em conjunto com a esclera, constituindo o globo ocular. A luz entra no olho por meio da pupila, sendo refratado na córnea seguindo até a retina. Atrás da íris, encontra-se o cristalino, com a função de ser uma lente, o qual pode modificar seu formato para possibilitar que o foco correto seja adquirido (LOAYZA, 2008).

Os dados visuais na retina são capturados por meio dos fotorreceptores, esses dados são dirigidos por meio do nervo óptico ao cérebro. No ponto médio da retina, existe um campo amarelado, responsável pela visão central, o qual é intitulado de mácula lútea. Na mesma, localiza-se a fóvea, marcada por uma depressão na retina, onde partem os dados visuais para o restante do processamento. O caminho do estímulo visual tem início na classe de fotorreceptores, prosseguindo para uma classe de células bipolares e finalizando na camada de células ganglionares, assim seguindo para os neurônios do lobo occipital (LOAYZA, 2008).

A sustentação do olho humano ocorre por seis músculos, que ajudam na animação dos olhos, ampliando a extensão, a atividade e a velocidade da visualização. Os músculos são intitulados de: oblíquo superior, oblíquo inferior, reto superior, reto medial, reto lateral e reto inferior. Esses músculos comportam a animação e/ou circulação natural dos olhos, até mesmo de torção do globo ocular ao redor do eixo visual, perpendicular à retina. Os 06 (seis) músculos trabalham em três pares, admitindo a movimentação do olho em qualquer direção no plano bidimensional. Com relação à movimentação tridimensional dos olhos, eles podem se movimentar em torno dos eixos visuais, esse movimento é intitulado torção ocular (LOAYZA, 2008).

Na Figura 7<sup>17</sup>, é possível verificar os músculos oculares, tanto em vista frontal como vista lateral. Na Figura 8<sup>18</sup>, mostra como os músculos oculares que trabalham em conjunto. Obedecendo a seguinte legenda: RS (Reto superior); RL (Reto lateral); RM (Reto medial); RI (Reto inferior); OI (Oblíquo inferior); OS (Oblíquo superior).

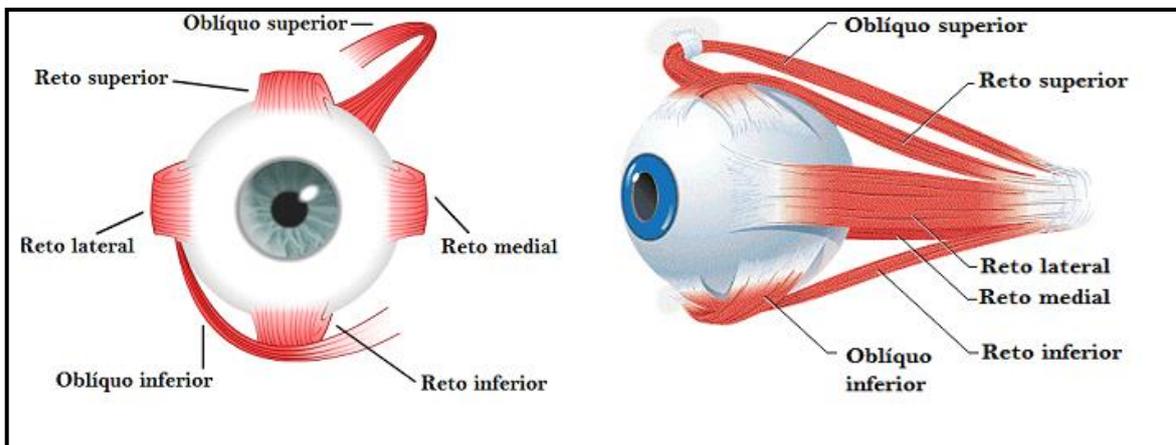


Figura 7 – Exemplificação dos músculos oculares.

<sup>17</sup>Figura retirada do site: <http://limatreinamento.blogspot.com/2015/06/movimento-dos-olhos.html> no dia 18/04/2019.

<sup>18</sup>Figura retirada do site: <http://limatreinamento.blogspot.com/2015/06/movimento-dos-olhos.html> no dia 18/04/2019.

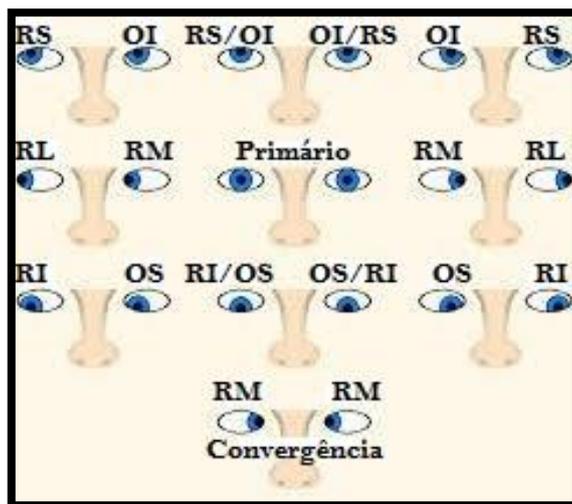


Figura 8 – Diagrama dos trabalhos em pares dos músculos dos olhos.

## 2.8 – Definições e Conceitos dos Sistemas de Rastreamento Ocular

Os sistemas de rastreamento ocular têm diversos usos, principalmente no campo das tecnologias assistidas, aos quais têm sido aperfeiçoados com a finalidade de cooperar na inserção de pessoas com movimentos restritos e também permitir o controle de máquinas e/ou computadores facilitando a comunicação e permitindo a obtenção de conhecimentos mais ativamente.

(BARRETO, 2012) apresentou pesquisas que corroboram que o rastreamento ocular é uma técnica antiga e que suas verificações foram começadas no final do século XIX com as pesquisas do oftalmologista francês, Louis Émile Javal. Esses estudos consistiram com respeito aos movimentos oculares durante a leitura e deduziram que os olhos executam pequenas pausas (fixações) e movimentos sacádicos (sacadas).

(OKAZAKI et al., 2011) explica a lei de Fitts, original de 1954, que utiliza um modelo com o intuito de modelar a relação entre a rapidez e a precisão do movimento em direção ao ponto de uma tela. De acordo com (BARRETO, 2012), a base da Lei de Fitts são válidas quando usadas no rastreamento ocular,

principalmente, no cálculo da frequência da fixação dos olhos usada como medida para o prestígio que o usuário impõe a um específico elemento em foco.

No trabalho de (BARRETO, 2012), é apresentada síntese dos termos mais usados na técnica de rastreamento ocular, são eles:

- **Fixação**, períodos curtos nos quais os olhos ficam estáticos e definidos por dois parâmetros: tempo mínimo de 100 ms para ser considerada uma fixação; e velocidade máxima, menor que 100 graus/segundo;
- **Sacada**, movimentos velozes utilizados para reposicionar a fóvea de um alvo de interesse a outro. A sacada é simulada pela separação de uma fixação a outra;
- **AOI (Area Of Interest)** é a Área de Interesse da região da tela que apresenta algum atributo essencial para o voluntário. Essa área é definida antecipadamente pelo voluntário para identificar as fixações dos usuários;
- **Scan path**, ou **caminhos percorridos**, sequências ordenadas de fixações e sacadas que são utilizadas para averiguar estratégias efetuadas pelos usuários para realizar determinado trabalho;
- **Gaze**, sequência de fixações contínuas em uma AOI. O tempo da gaze é auferido pela adição da permanência das fixações que a combinam, e sua posição é a média dessas fixações. A gaze é combinada por várias fixações e pequenas sacadas, sendo que a primeira fixação que saia da AOI é qualificada como o fim da gaze.

(MORIMOTO; MIMICA, 2005) **propõe uma lista de exigências para o funcionamento dos rastreadores oculares, essa atualização tem ampliado várias aplicações em múltiplos ambientes, são elas:**

- Ser preciso;
- Ser acurado;
- Ser pujante a variados graus de luminosidade, indivíduos com óculos ou lentes;
- Não ser invasivo e não causar danos ou desconforto ao usuário;
- Consentir a movimentação livre da cabeça;
- Não precisar de calibração;
- Ter resposta imediata, ou seja, em tempo real.

Dessa lista, o mais importante para eficiência do rastreador ocular são os seguintes: a acurácia e a precisão. Segundo (KOWALIK, 2011), a acurácia está essencialmente conexa à aproximação do ponto de Interesse – PoR (*Point of Regard*), assim, a acurácia e a mensuração são diretamente proporcionais, ou seja, quanto maior a acurácia, maior será a aferição das coordenadas de fixação do olhar com o ponto estimado. Entretanto, a precisão é simbolizada pela repetição da mensuração com menor variabilidade entre as medidas. Toda essa situação descrita entre a precisão e a acurácia pode ser exemplificada na Figura 09<sup>19</sup>.



Figura 9 – Exemplificação da distinção entre os conceitos de precisão e acurácia na estimativa do olhar.

## 2.9 – A estratégia de *Eye-Tracking*

A estratégia de *Eye-Tracking* tem a capacidade de identificar e registrar o movimento dos olhos com boa precisão de maneira não hostil e/ou agressiva. Atualmente, existem quatro métodos de rastreamento ocular: eletro-oculografia, bobina ocular, foto-oculografia e rastreadores de pupila baseados em câmeras.

<sup>19</sup> Figura retirada do site: <https://www.slideserve.com/fleta/redes-neurais> no dia 21/10/2019

Neste trabalho será utilizado o método rastreadores de pupila baseados em câmeras, por não ser invasivo. Em virtude do rastreamento ocorrer por vídeo, é usado o procedimento que associa o trajeto da pupila com a primeira imagem de Purkinje. A referida imagem é o reflexo da estrutura de olho (LEE; PARK; KIM, 2005).

Segundo (SANTIAGO et al., 2016), esse procedimento usa quatro imagens:

- Reflexos da superfície externa da córnea (1ª imagem de Purkinje);
- Superfície interna da córnea (2ª imagem de Purkinje);
- Superfície externa da lente (3ª imagem de Purkinje);
- Superfície interna da lente (4ª imagem de Purkinje).

Assim esse procedimento associa, em um vetor, as disposições da pupila com as imagens de Purkinje, tornando-a menos propensa a falhas originadas por insignificantes agitações da cabeça (SANTIAGO et al., 2016). Podendo enfatizar cinco movimentos oculares, para o procedimento citado anteriormente, são eles:

- Fixações;
- Sacadas;
- *Smooth pursuits* (pequenos movimentos);
- Reflexos oculares;
- Microssacadas.

(WERNER; CHULAPA, 2014) afirma que, no momento da fixação, os olhos não ficam totalmente imóveis. **Dos cinco movimentos, dois deles são mais importantes para este trabalho, o de fixações e o de sacadas.** Durante o momento de fixação ocorrem pequenas oscilações inferiores a 1º imagem de Purkinje, denominado de “movimento fixional”. Enquanto que as sacadas fazem referência à oscilação acelerada, com o emprego de deslocar a fóvea em analogia a excitação visual, esse movimento tem tanto aceleração inicial quanto a desacelerações finais rápidas, assim os novos dados visuais não podem ser obtidos durante as sacadas. O período médio de realização de uma sacada é inferior a 100 ms (milissegundos).

No trabalho de (WERNER; CHULAPA, 2014), foi apresentado que em uma pessoa normal e saudável podem ocorrer até quatro sacadas por segundo.

A coleta realizada por rastreamento visual ocorre por medidas de posições, o qual pode ser realizado de duas maneiras:

- A localização do olho em um plano bidimensional, que satisfaz a um conjugado de coordenadas na tela de exposição do estímulo;
- O volume da pupila, tempo de estabilidade em uma determinada região do plano bidimensional ou a constatação de ocorrências visuais.

O processo visual e cognitivo ocorre durante as fixações e as sacadas, para a análise dos dados, sendo importante a distinção dos dois processos (SALVUCCI; GOLDBERG, 2004). As fixações atuam na visão da fóvea, que corresponde à aproximadamente metade da informação visual, esse processo ocorre em um período de 100 ms a 400 ms. Esse processo da visão é altamente detalhado, fornecendo uma clareza completa do que está sendo visualizado (SCHALL; ROMANO BERGSTROM, 2014). A Figura 10<sup>20</sup> esquematiza o corte transversal do olho humano e indica a posição da visão da fóvea.

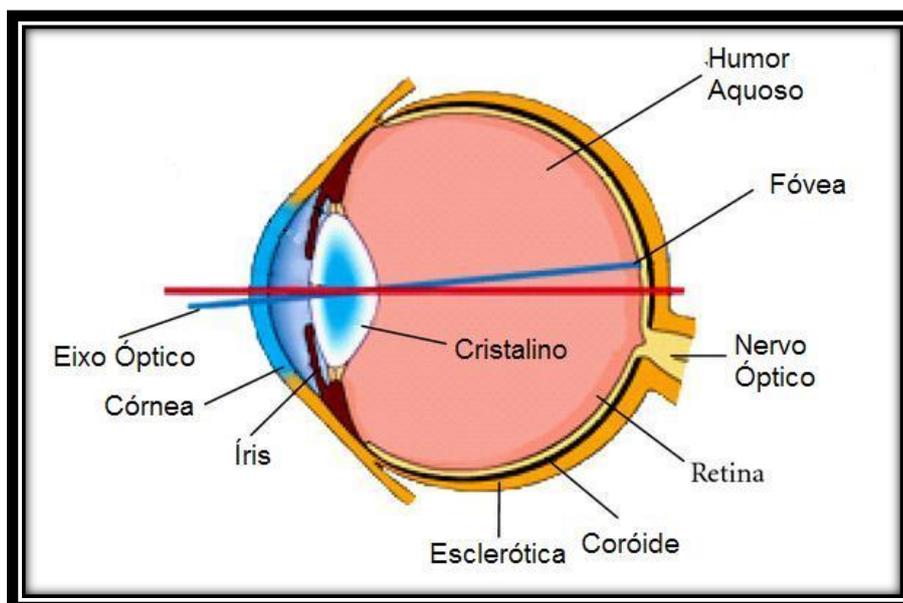


Figura 10 – Esquema simplificado do olho humano.

<sup>20</sup> Imagem retirada do site: [https://www.gta.ufrj.br/grad/10\\_1/retina/oolhohumano.html](https://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/retina/oolhohumano.html) no dia 10/05/2019

De acordo com (MALCOLM, 2010), ao assinalar as oscilações oculares de voluntários em serviço de visualização livre, nota-se que as ocorrências oculares não são independentes. Pois, ficou evidente que o **movimento ocular pode ser usado em pesquisas como maneira de averiguação do processamento cognitivo implícito ao comportamento visual.**

Segundo (SCHALL; ROMANO BERGSTROM, 2014), os dispositivos *eye-trackers* só podem seguir o que está registrado na visão fóveal, o que **corresponde a 8% da visão humana.** As outras regiões são responsáveis pela percepção do entorno e de objetos em movimento, veja o exemplo na Figura 11<sup>21</sup>.



Figura 11 – Representação simulada da acuidade da visão fóveal.

<sup>21</sup> Imagem retirada do site: <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/types-of-eye-movements/> no dia 12/05/2019.

O processo de classificação dos dados de PoR em fixações e sacadas é efetivado pelas abordagens: “seletora de fixações” e “seletora de sacadas”.

A seletora de fixações identifica as fixações e controla a extensão entre duas fixações sucessivas, o qual simboliza uma sacada. A seletora de sacadas identifica as sacadas e consideram suas posições iniciais e finais em fixações.

Os ROs (rastreadores oculares), que trabalham com frequência de até 60 Hz, são muito lentos para a utilização de algoritmos seletores de sacadas, portanto, para ser utilizada a segunda abordagem, é necessário um RO que trabalhe com uma frequência de 150 Hz. Para este trabalho, será utilizado um RO de 60 Hz.

Segundo (SALVUCCI; GOLDBERG, 2004), a seleção de fixações representa os dados brutos do RO em duplas compostas pelo estado onde sucedeu a fixação e o tempo em que essa ocorreu, e de maneira implícita o processo reconhece as sacadas simbolizadas pelas separações entre duas fixações. Outro ponto positivo desse procedimento é restringir o tamanho e a complexidade dos dados do rastreamento ocular ao desconsiderar os pontos intermediários das sacadas e incorporar vários pontos de POR em uma singular fixação. O procedimento pode ser usado e ter ótimos resultados, pois durante a sacada existem raros dados relevantes para uma análise de alto nível.

A classificação de um algoritmo de RO que identifica fixações, de acordo com (SALVUCCI; GOLDBERG, 2004), deve ser fundamentada nas peculiares temporais e espaciais das direções dos olhos.

#### ❖ Peculiaridades Espaciais

- Velocidade: usa o fato de que a fixação é mais lenta que sacada;
- Dispersão: os pontos observados que compõem uma fixação ocorrem próximos uns dos outros;
- Área: agrupam pontos que caem sobre uma AOI – em uma fixação.

### ❖ Características Temporais

- Sensíveis à Permanência: usam o fato de que as fixações costumam durar mais que 100ms e menos 400ms;
- Adaptativo localmente: tentam se adaptar aos usuários dinamicamente, de forma que a interpretação de um ponto possa ser influenciada por pontos próximos.

Outra contribuição retirada de (SALVUCCI; GOLDBERG, 2004) foi informar que vários algoritmos relacionados a limites de velocidade, redes de Markov e limites de dispersão são propostos em pseudocódigo e confrontados. A arrematação adquirida recomenda que os algoritmos que são fundamentados em características espaciais e temporais são mais apropriados e garantidos do que outros que se fundamentam em somente em apenas uma delas.

Segundo o trabalho de (PUOLAMÄKI et al., 2005), quando um filtro é acrescentado ao procedimento de identificação de fixações, esse pode retirar dados mais precisos das fixações identificadas.

## 2.10 – Rastreamento Ocular

A ideia de rastreamento ocular visual satisfaz à definição do movimento ocular em determinado momento (DUCHOWSKI, 2017). No trabalho de (BROWN, 2007), destacam-se as informações do desenvolvimento cognitivo no rastreamento ocular, no qual, os olhos orientam-se para campos que aprovisionem dados relevantes para a averiguação ou distinção do estímulo. No estudo de (LIPPS; PELZ, 2010), enfatiza-se o desempenho do processamento cognitivo no procedimento ocular, principalmente o *top-down*. (BROWN, 2007) assegura que **os modelos de rastreamento ocular e fixações oculares podem fornecer *insights* a respeito de procedimentos cognitivos implícitos ao estímulo, em analogia ao**

**observador.** Assim, tendo em vista que as desiguais particularizações no processamento de faces compreendem essências desiguais, mas que o modelo de rastreamento de faces não familiar e familiar proporciona disparidades, fazendo sentido pesquisar se o modelo de rastreamento ocular de uma ilustração da face de uma pessoa, pela própria imagem, é diferente do modelo de rastreamento ocular de figuras de face familiar e não familiar.

Segundo (BROWN, 2007), ao se examinar um mesmo estímulo visual, com a decomposição do serviço modifica-se o modelo de rastreamento ocular. Desse modo, uma rigorosa relação entre o serviço e a maneira de rastreio e, por consequência, uma analogia entre o rastreamento ocular e os métodos tencionais, assim como demais procedimentos cognitivos anexos ao comportamento ocular, o que torna o rastreamento ocular um instrumento extraordinário no estudo dos procedimentos cognitivos e comportamentais, além de ser uma procedência fidedigna de dados correlacionados aos estudos dos fundamentos neurais subjacentes aos mesmos.

Concluindo assim que o voluntário da ferramenta desta dissertação terá um resultado mais coerente, quando ele for submetido a um rastreamento ocular por meio de imagens de estímulo familiares ao seu cotidiano.

### **2.11 – Processamento de Averiguação de Faces por Indivíduos com TEA**

Mesmo existindo diversas pesquisas direcionadas à habilidade de averiguação de faces por indivíduos com TEA, poucos analisaram o processamento holístico. Destes poucos estudos, algumas evidências do prolegômenos recomendam que o processamento holístico de faces possa estar prejudicado em indivíduos com TEA (NOMI; UDDIN, 2015).

O Modelo da Coerência Central Fraca ocorre quando existe um estímulo na conjuntura é insuficiência para sua distinção, inviabilizando a identificação coesa de um grande conjugado de excitação, pois o voluntário compreende somente algumas partes sem fazer uma relação completa. Essa atitude cognitiva atípica enfocada na minúcia não é insignificante ao processamento peculiar, mas exclusivamente desigual ao processo típico (DAKIN; FRITH, 2005), pois existem serviços que são favorecidos de um processamento circunstanciado.

O Modelo da Coerência Central Fraca vai nesse sentido, uma vez que prediz a incapacidade de integração de um estímulo no contexto, o que incapacita a assimilação coerente de um vasto conjunto de estímulos, assimilando apenas partes sem as relacionar. Esse estilo cognitivo atípico focado no detalhe não é inferior ao processamento típico, mas apenas diferente, uma vez que existem tarefas que beneficiam de um processamento detalhado, sendo compreender o sentido de algo através da inteligência com mais precisão e agilidade (SASSON et al., 2016). Entretanto, em serviços que necessitam de um processamento mais completo existem prejuízos de comunicação (TANAKA et al., 2012).

**O exagero de seletividade induz a criança com TEA a eleger um elemento de estímulo, o que geralmente essas crianças escolhem uma parte irrelevante para o entendimento geral, pois estão enfocados em elementos de pouca validade para entender o estímulo geral (TANAKA; GORDON, 2012).**

No estudo de (DIMITRIOU et al., 2015), conferem a **improficiência de discernimento de faces em crianças com TEA, confirmando aptidão moderada em discriminar objetos do cotidiano, no entanto, grande precariedade em discriminar faces**. Essa situação é elucidada pelo nível de complexidade presente no rosto, além da seletividade elevada de um elemento de uma face, dificultando que ela seja observada na sua universalidade, ou seja, não havendo processamento holístico.

Uma análise desse processamento **com indivíduos com TEA é que como eles usam a averiguação visual focando em um detalhe e não usam o processamento holístico por completo, isso pode ser um dos pontos principais na dificuldade de interação social.** O que é ratificado por (TANAKA; SIMONYI, 2016), que **no serviço *part-to-whole* só é executado por uma criança com TEA, se estiver sujeito ao elemento boca.**

Existem diversos estudos de crianças autistas que preferem observar a região da boca: Iniciando pelo trabalho de (JOSEPH; TANAKA, 2003), que revelaram saldos negativos na análise dos olhos. O estudo de (YI et al., 2013) corrobora a tendência de o autista observar mais a região da boca. Para ratificar esta explanação (LIN et al., 2018), também afirma que o autista tem preferência em fixar na região da boca.

Para enfatizar essa grande dificuldade para o indivíduo com TEA, (RICHLER; GAUTHIER, 2014) procurou esclarecer esse resultado, mostrando que no processamento holístico a análise da região dos olhos é extremamente necessária, o que fica profundamente comprometido, pois uma característica da criança com TEA é desviar o olhar nos olhos das outras pessoas.

Outra apreciação no trabalho de (RICHLER; GAUTHIER, 2014) foi de estabelecer se a análise da parte superior da face é mais lenta que a parte inferior. O saldo dessa apreciação foi que o tempo de resposta foi mais lento no momento que observavam a parte superior contida na face inteira. No momento em que a parte superior foi proporcionada solitariamente, não foi detectada qualquer alteração. Entretanto, quando as partes foram apresentadas de maneira isolada, os resultados foram melhores com a parte superior.

Dois outros trabalhos analisados foram executados com a finalidade de ratificar esta situação apresentando a indivíduos com TEA, estímulos familiares, como por exemplo, o rosto materno (CHRISTENSEN et al., 2013) e figuras

familiares (SOHN et al., 2015), em conferência com indivíduos com uma formação típica. Não foi constatada distinção entre os grupos, comprovando que o prestígio subjetivo do estímulo, deve ser considerado. Esse saldo pode sugerir que a hipoativação em serviços de averiguação facial seja devida à ausência de motivação ou carência de seriedade do estímulo oferecido nos outros estudos.

## 2.12– Técnicas de Rastreamento Ocular Víde-Oculografia (VOG)

A Víde-Oculografia (VOG) envolve o uso de uma câmera apontada para o usuário a fim de registrar vídeos dos usuários para distinguir características dos olhos quanto à rotação e a translação, a câmera registra a posição do olho em relação à órbita (BARRETO, 2012).

Um empecilho do sistema do tipo VOG é serem susceptíveis as variantes da iluminação local, impedindo o seu uso por longos períodos (TEICHRIEB, 2015). Para solucionar essa peculiaridade, o teste ocorrerá em um período bem curto, de até 10 minutos, dessa maneira diminui a perda da direção do olhar.

Para (DUCHOWSKI, 2017), o VOG pode ocorrer de duas maneiras: Víde-Oculografia e Oculografia em infravermelho (IR). A diferença é simples: A primeira pode usar simultaneamente a luz visível e IR, ou somente a visível, enquanto a segunda lida somente à luz IR, que é imperceptível ao olho dos voluntários. A vantagem da IR é poder usar o rastreamento do PoR. (FORSTER, 2017), conclui que as diversas implementações VOG executam o rastreamento pela detecção do limbo e/ou pela pupila.

#### ❖ Rastreamento do Limbo

O limbo é o contorno entre a esclera<sup>22</sup> e a córnea<sup>23</sup> (ver Figura 12<sup>24</sup>). (BALAM; OSÓRIO, 2018) afirma que o rastreamento do limbo necessita do uso de fotodiodos e que a cabeça do voluntário seja mantida sem movimentações bruscas. Outro relato é que em virtude da diversidade de contrastes de cores nesta região, a detecção do limbo será de fácil execução, entretanto, em muitos indivíduos a parte do limbo é ocultada pelas pálpebras, dificultando assim sua detecção.

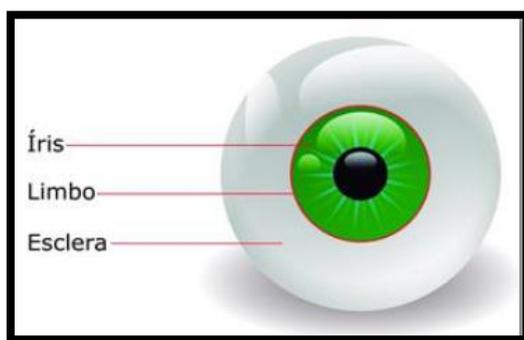


Figura 12 – Representação do Limbo.

#### ❖ Rastreamento da Pupila:

Essa técnica é análoga ao rastreamento do limbo. Uma vantagem é que dificilmente a pupila é escondida pelas pálpebras, no entanto, o diâmetro dela pode variar dificultando o sistema de rastreamento. Uma solução imediata é manter a iluminação do ambiente de teste constante, para evitar a dilatação da pupila.

### 2.13– Oculografia Exclusivamente em Infravermelho

Conforme (DUCHOWSKI, 2017), a oculografia em infravermelho é categorizada de maneira separada da VOG em virtude de fornecer o PoR. (FORSTER, 2017) considera essa técnica como Rastreamento do Centro da Pupila e Reflexão da Córnea – PCCR (*Pupil Center Tracking and Corneal Reflection*).

<sup>22</sup> Parte branca do olho.

<sup>23</sup> Membrana transparente que cobre a íris do olho.

<sup>24</sup> Figura retirada do site: <https://www.slideserve.com/fleta/redes-neurais> no dia 21/10/2019

Quando um feixe de radiação infravermelha é direcionado para o olho do usuário, ocorrem diversas reflexões sobre a córnea, denominadas cintilações (glints), com a finalidade de aumentar o contraste entre a pupila e a íris, facilitando o rastreamento, conforme ilustrado na Figura 13<sup>25</sup> (GUESTRIN; EIZENMAN, 2006).

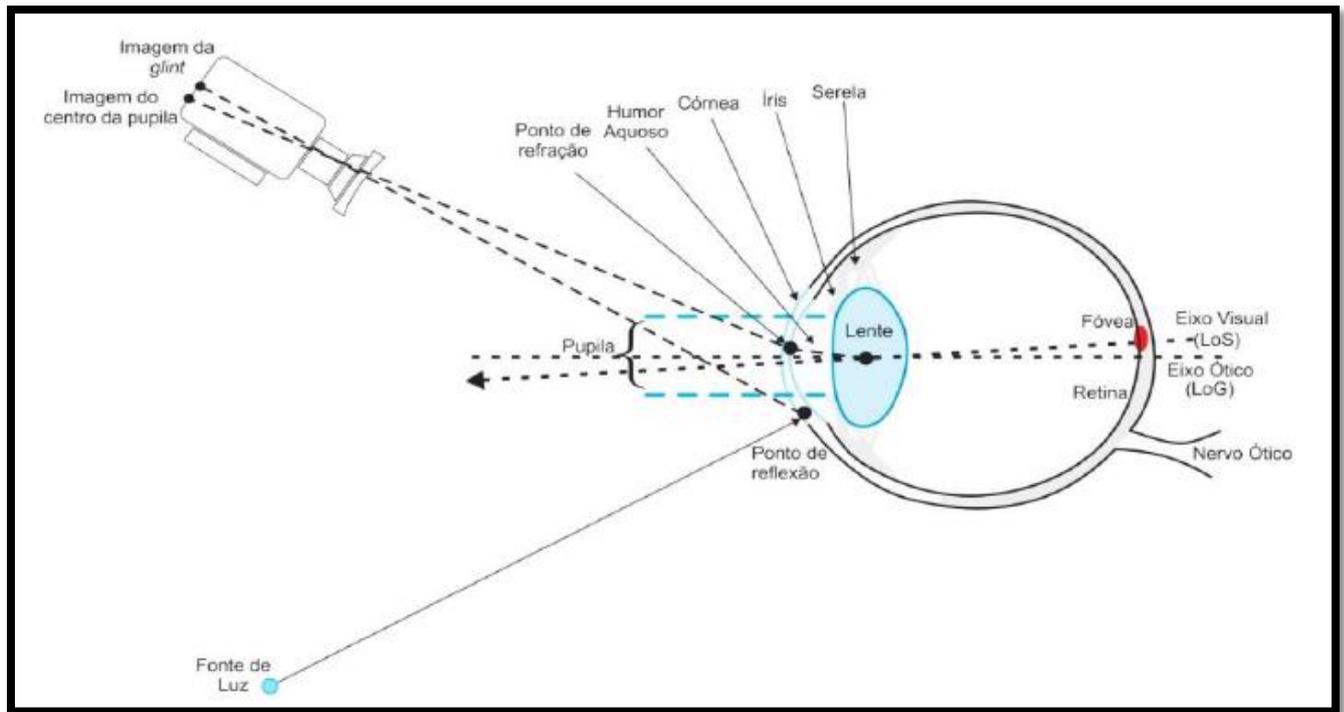


Figura 13 – Esquematização da técnica PCCR.

Assim, quando o olho se move horizontalmente, verticalmente ou na diagonal, o posicionamento referente do brilho e da pupila é alterado, logo a posição do olho pode ser balizada por meio dessas posições relativas (FENG; GUIMING, 2007).

(GUESTRIN; EIZENMAN, 2006) usou duas fontes IR nas laterais do monitor juntamente com uma câmera de vídeo, colocada de forma centralizada sob a tela do usuário. Com a finalidade de apreciar o PoR, os autores conseguiram coordenadas do centro da pupila e as mapearam para coordenadas da tela. A

<sup>25</sup> Figura retirada do artigo (GUESTRIN; EIZENMAN, 2006)

validação desta pesquisa foi executada por meio do cálculo da raiz média quadrática entre os pontos da tela.

(FENG; GUIMING, 2007) demonstrou um código de coordenadas designado a extrair o vetor brilho-pupila do voluntário para um ponto de fixação na tela a partir da posição atual da cabeça. No entanto, foram identificados dois pontos antagônicos: **Para cada uso individual do sistema é necessário fazer uma nova calibração e o voluntário não pode fazer movimentos bruscos com a cabeça.**

(GUESTRIN; EIZENMAN, 2006) usaram a mesma técnica (PCCR) e por meio do cálculo RMS das distâncias da posição do olhar (PoG) e dos estímulos alcançados, foi possível computar uma acurácia de  $0,9^\circ$  e uma distância máxima do voluntário até a tela de 65 cm.

(ZHAO et al., 2016) analisou que os rastreadores que usaram o PCCR podem ocorrer de duas maneiras:

- a) Efeito pupila-escura (Figura 14A<sup>26</sup>), a luz refletida no fundo do olho do voluntário não retorna para a câmera e gera uma imagem escura da pupila.
- b) Efeito pupila-brilhante (Figura 14B), quando fontes de luz são direcionadas para os olhos do voluntário e uma parte dessa luz é refletida na fóvea e retorna para a câmera;

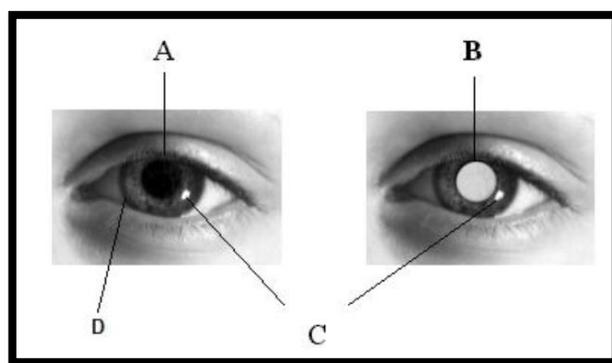


Figura 14 – (A) Pupila Escura; (B) Pupila Brilhante; (C) Glint; (D) Limbo

<sup>26</sup>Figura retirada do site no dia 10/09/2019: <http://www.archimuse.com/mw2003/papers/milekic/milekicFig15.jpg>

## 2.14 – Software OGAMA®

OGAMA (*Open Gaze And Mouse Analyzer*) é um software com a função de analisar e armazenar os movimentos dos olhos e também do periférico mouse em apresentação de slides como afirma (VOSSKÜHLER et al., 2008). O OGAMA é freeware, escrito em C# .NET e lançado como um projeto de código aberto. Suas fundamentais peculiaridades compreendem em pré-processamento e filtragem de informações do olhar, abalizados em banco de dados, a instituição de mapas de calor, áreas de definição de interesse, cálculo de saliência, cálculo de distância e repetição de Levenshtein. A gravação direta é possível com sistemas de rastreamento *gaze tracker*. É fornecida a saída de dados que pode ser usada diretamente com diferentes pacotes de software estatístico.

## 2.15 – Ferramentas para Mineração dos Dados

Presentemente, existem várias ferramentas disponíveis para minerar dados compostos com códigos e procedimentos que facilitam o manejo, o processamento e o exame de dados.

(NAIK; SAMANT, 2016) faz uma comparação entre os seguintes *softwares* de código aberto de mineração de dados, são eles: *WEKA*, *RapidMiner*, *Tanagra*, *Orange* e *Knime*. Nessa comparação, foi utilizado o mesmo conjunto de dados (*dataset*) e foram desempenhadas tarefas de classificação por meio de distintos algoritmos: *Árvore de decisão*, *Naive Bayes*, *One R*, *Support Vector Machine (SVM)*, *Zero R* e *K-Nearest Neighbor (KNN)*. Deduzindo-se que o *software WEKA* apresentou o melhor desempenho, seguido pelo *Orange*, e depois, pelo *RapidMiner*, *KMINE* e *Tanagra*.

Para este trabalho, foi escolhido o *software Orange* por ser bem aceito no meio acadêmico, ser gratuito, ser bem avaliado, ser preciso e simplificado.

### 2.15.1 – Software ORANGE Data Mining®

O *Orange Data Mining* foi criado pelo laboratório de Inteligência Artificial da Faculdade de Computação e Ciência da Informação da Universidade de Ljubljana na Eslovênia e é distribuído como *software* livre sob a licença *General Public License*.

De acordo com (DEMŠAR et al., 2013), o *Orange* é um software fundamentado em componentes, combinado por objetos e rotinas criadas em C++ com um grande número de algoritmos de aprendizado de máquina e mineração de dados, incluindo também, rotinas de entrada e manipulação de documento, dados, informações e números. O software possui uma interface gráfica cognominada de *Orange Canvoas*, sendo assim admissível interligar os objetos e produzir processos para a concepção de modelos de classificação, incluindo Árvore de Decisão, *Naive Bayes*, Regras de Decisão, SVM e etc. A Figura 15 mostra detalhes de um programa desenvolvido por mim, no software *Orange Canvoas*, que descreve nitidamente o caminho do método para indução do modelo de classificação, como a entrada de dados, o processo de seleção de atributos, a ação de classificação e avaliação do modelo resultante gerado pelo algoritmo de árvore de decisão C4.5 e pelo algoritmo baseado em regras de classificação que utiliza o CN2. Esta foi a montagem utilizada para a avaliação do *datasets*.

A leitura do arquivo com extensão ARFF<sup>27</sup> (Attribute-Relation File Format), contendo o *dataset* a ser analisado, é realizada pelo componente *File*, cujas propriedades podem ser visualizadas no primeiro objeto conectado o *Data SelectAttributes*. Esse objeto responde pela triagem dos predicados que irão compor o modelo, permitindo uma filtragem antes de se aplicar o algoritmo de classificação.

---

<sup>27</sup>ARFF Formato de Arquivo de Relação de Atributo. É um arquivo de texto ASCII que descreve uma lista de instâncias que compartilham um conjunto de atributos.

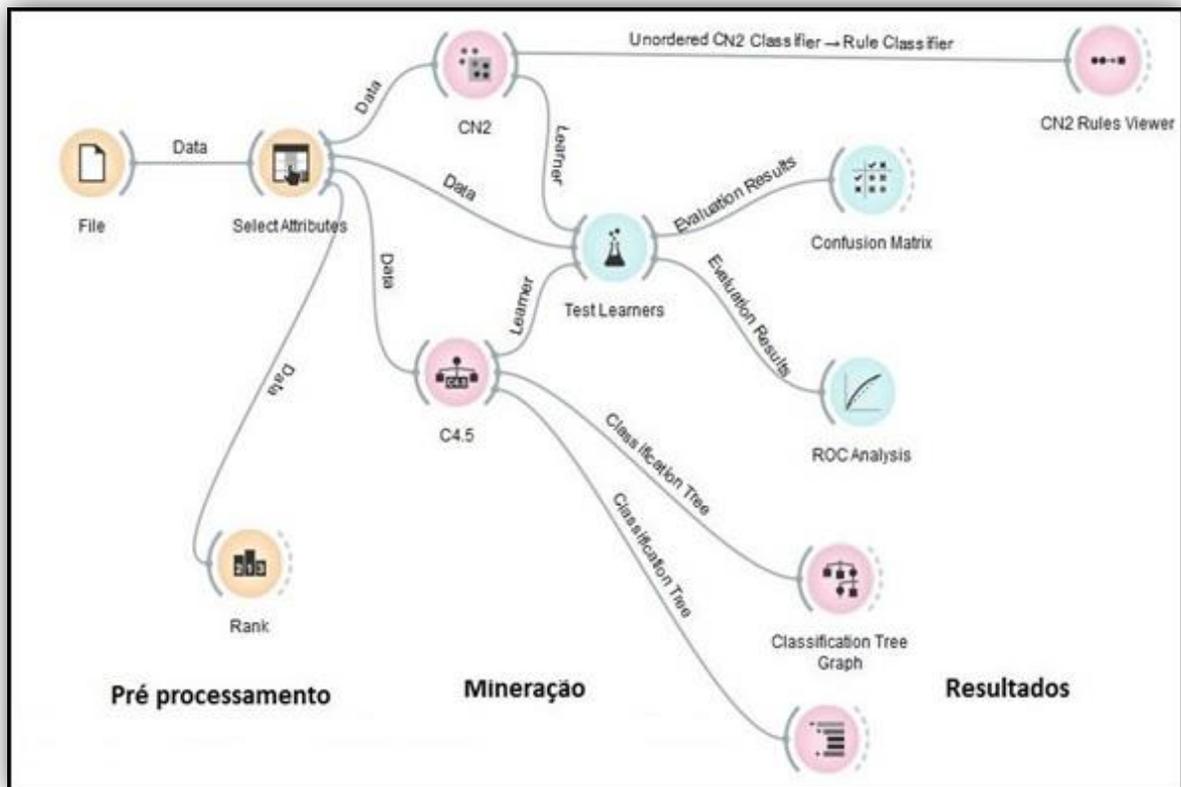


Figura 15 – Exemplo de um Programa em *Orange Canvas* mostrando o diagrama dos componentes do processo de classificação pela árvore de decisão e por regras.

A conexão com o objeto *Rank* possibilita ponderar os atributos mais significativos pelos *scores*, existem sete relações são elas (Ganho de informação; Relação de ganho; Gini; ANOVA,  $\chi^2$ ; ReliefF; FCBF):

- Ganho de informação: a quantidade esperada de informação (redução da entropia);
- Relação de ganho: uma relação entre o ganho de informação e a informação intrínseca do atributo, que reduz o viés em direção a recursos de valores múltiplos que ocorrem no ganho de informação;
- Gini: a desigualdade entre valores de uma distribuição de frequência;
- ANOVA: a diferença entre os valores médios do recurso em diferentes classes;
- $\chi^2$ : dependência entre o elemento e a classe, medida pela estatística do qui-quadrado;

- ReliefF: a capacidade de um atributo distinguir entre classes em instâncias de dados semelhantes;
- FCBF (Filtro rápido de correlação): medida baseada em entropia, que também identifica redundância devido a correlações entre pares entre os recursos.

O componente *ClassificationTree C4.5* é o módulo responsável pela categorização e geração da Árvore de Decisão, enquanto o saldo do modelo pode ser estudado graficamente. Nos módulos *Test Learner*, *Confusion Matrix* e *ROC Analysis*, é possível recolher os saldos da avaliação do modelo gerado tanto pelo C4.5 quanto pelo CN2.

## 2.16 – Considerações Parciais

Neste capítulo, foram abordadas as peculiaridades psicológicas, social e facial de um indivíduo incluso no TEA. Além das propriedades e funcionalidade de uma câmera de rastreamento ocular, do olho humano e dos softwares OGAMA® e ORANGE® *Data Mining*.

Para o próximo capítulo, será apresentada a metodologia deste trabalho, descrevendo o mecanismo de identificação de fixações e sacadas em faces humanas, o armazenamento das variáveis, o processamento da informação e a predição dos dados de teste.

## 3 – METODOLOGIA

Este projeto consiste no processamento dos dados obtidos com o rastreamento do olhar baseado de um modelo de atenção visual com a finalidade de auxiliar no diagnóstico do transtorno do espectro do autismo. Nas próximas seções, serão apresentados os quatro passos ou etapas para alcançar o objetivo proposto.

- **Passo 1.** Identificação de fixações e sacadas em rostos humanos por meio de estímulos de imagens conhecidas;
- **Passo 2.** Armazenamento de variáveis: Posição, Distância, Velocidade, Tempo e Quantidade de fixações e sacadas;
- **Passo 3.** Processamento da informação de variáveis secundárias usando algoritmos de aprendizagem supervisionada.
- **Passo 4.** Predizer a condição de novos dados, não identificados usando aprendizagem supervisionada.

### 3.1 – Descrições dos Passos

#### 3.1.1 – Passo 1

Por meio do movimento e ação das fixações e sacadas da visão em imagens de faces compostas (descritas na sessão 2.4), serão geradas variáveis, que possibilitará a análise geral do processamento holístico nas crianças com TEA.

No processo de rastreamento ocular, a primeira tarefa é indicar a AOI, nas imagens de face composta como, por exemplo: a região dos olhos, boca e nariz. Através da AOI, serão analisadas as medidas primárias do movimento dos olhos, são elas: as Fixações e as Sacadas. De acordo (BALAM; OSÓRIO, 2018) que estudou as tecnologias de rastreamento ocular em crianças, nos indicou que o uso

das medidas fundamentais deriva outras medidas, que nos proporcionará condições de interpretar os dados.

As medidas fundamentais são:

- A. ***Gaze Duration (Permanência do olhar)***, essa métrica consiste na média de uma série de fixações sucessivas no mesmo AOI. Ou seja, são várias fixações podendo existir pequenas sacadas entre as fixações. O ciclo encerra-se quando a fixação acontece fora da AOI;
- B. ***Scan paths (sequência de fixações)***, refere-se a uma sequência completa de sacada-fixação-sacada. Ou seja, é o caminho do olhar entre duas fixações distintas, essa “*scan path*” ocorre em linha reta;
- C. **Número total de fixações**, essa métrica tem um significado dúbio, pois um grande número de fixações pode indicar baixa eficácia do *layout* (diapositivos da ferramenta) ou grande interesse do voluntário, no caso de baixo número de fixações pode indicar um *layout* bem diversificado ou desinteresse do voluntário. Contudo, o experimentador precisa ponderar a analogia entre o número de fixações e o tempo da tarefa, o que significa que uma tarefa alongada normalmente demanda mais fixações;
- D. **Número de fixações em uma AOI**, um maior número converge em interesse do voluntário. Essa métrica está fortemente arrolada com a *Gaze Duration*, refletindo assim o valor desse elemento, ou seja, quanto mais importante esse será mais fixado;
- E. ***Gaze Duration em uma AOI***, quando a fixação ocorre somente em uma AOI, e o voluntário ignora as outras AOIs, pode demonstrar dificuldade de interpretação do voluntário, com a imagem de estímulo.

Considere que as medidas correlacionadas pelas letras “A, B e C”, referem-se a toda a imagem de estímulo. Enquanto as medidas indicadas pelas letras “D e E”, referem-se a uso de apenas uma AOI. Neste trabalho, cada imagem de estímulos possui somente três AOIs (olho, nariz e boca).

### 3.1.2 – Passo 2

Após identificar as medidas primárias da fase, o sistema gera medidas secundárias que são:

- Nº de Fixações (%);
- Fixação (Quantidade /segundo);
- Permanência Média da Fixação (ms);
- Permanência da Fixação Mediana (ms);
- Razão Sacadas/Fixação;
- Comprimento Médio da Sacada (pixels – px);
- Velocidade Média da Sacada (px/s);
- Comprimento das Conexões de Fixação (px);
- Velocidade do Caminho (px/s);
- Tempo para a Primeira Fixação na AOI (ms);
- Tempo de Análise (ms);
- Quantidade de Fixações fora do monitor (%).

Estas medidas secundárias são calculadas, pelo software OGAMA®, de maneira intrínseca, não necessitando de uma nova programação. Assim todos esses dados, são exportados para um arquivo CSV (*Comma Separated Values*).

Por meio desses dados, podem-se comparar os resultados com dados de referência. O trabalho de (VABALAS; FREETH, 2016) descreve que o autista tem o seguinte padrão: possui sacadas mais curta e menos frequentes, em relação aos indivíduos típicos. No trabalho de (PIERCE et al., 2011) e (CARETTE et al., 2018), é

indicado que o autista tem a tendência de passar mais tempo observando figuras geométricas. (CHITA-TEGMARK, 2016) observou que crianças autistas (2 a 6 meses) possuem um declínio médio na fixação ocular. No artigo de (DUAN et al., 2019), é ratificado que o indivíduo com TEA tem atenção reduzida para estímulos sociais e semânticos, medido com a quantidade de fixações, tempo de fixação e velocidade das fixações.

### 3.1.3 – Passo 3

O passo 3 consiste no processamento da informação, gerada pelas variáveis secundárias utilizando algoritmos de aprendizagem supervisionados. Neste passo, serão apresentados os procedimentos de desempenho e métricas de avaliação dos seguintes algoritmos: *Tree*, *SVM*, *Logistic Regression* e *Neural Network*. Será utilizado o estudo de revisão de (EMAN; EMANUEL, 2019), pois esse fornece uma visão abrangente de 45 artigos, que utilizaram aprendizado de máquina supervisionado em TEA, incluindo algoritmos para classificação. Assim esse auxiliará na decisão de escolha.

O conjunto de dados de treinamento rotulado é usado primeiro para treinar o algoritmo subjacente. Esse algoritmo treinado é então alimentado no conjunto de dados de teste não rotulado para categorizá-los em grupos semelhantes. Durante a fase de execução, o sistema terá a competência de decidir se uma nova sequência de informações está inclusa dentro dos padrões estabelecidos pelo algoritmo.

Em virtude de existir uma grande quantidade de algoritmos de aprendizagem e que cada um deles possui suas próprias características, a decisão de qual utilizar é direcionada a sua capacidade de ter o melhor desempenho, acurácia e tempo de execução. Como o objetivo deste trabalho está definido e com saídas conhecidas, ficou decidido usar um algoritmo de aprendizagem supervisionado, portanto serão analisados apenas quatro.

De acordo com (EMAN; EMANUEL, 2019), o modelo *Tree* envolve a combinação de muitas árvores de decisão de um nível para obter uma representação na qual cada nível consiste em um nó de decisão e dois nós de previsão. Um dos principais benefícios de utilizar uma árvore de decisão é a capacidade de interpretar e entender o impacto de cada variável na árvore. O resultado desse algoritmo foi de 95,8% de precisão, 89,9% de sensibilidade e 79,7% especificidade, mas não foi relatada sua acurácia.

O algoritmo SVM é um classificador binário que procura um hiperplano que seja equidistante das duas classes estudadas. De acordo com a revisão realizada por (EMAN; EMANUEL, 2019), demonstra-se que esse modelo melhora a precisão dos diagnósticos e fornecem informações sobre como diferentes características podem ajudar a distinguir entre pacientes com e sem TEA. Esse algoritmo teve uma precisão de 88,51%, sensibilidade 93,1%, especificidade de 86,21% e acurácia de 0,8963.

A Rede neural artificial (RNA) é uma conexão em camadas de unidades neurais, que podem aprender mapeamentos entre os dados de entrada e de saídas. Mesmo após ser treinada, podem ser inseridos novos dados. De acordo com a revisão de (EMAN; EMANUEL, 2019), rede neural artificial é ordinariamente mais veloz do que um SVM, inclusive sua precisão, pois chegaram a 92%, sensibilidade de 92%, especificidade de 70% e acurácia de 0,93.

A regressão logística é um modelo linear generalizado usado para classificação binária, tendo como entrada um conjunto de variáveis independentes. As variáveis independentes podem ser discretas ou contínuas e são usadas para prever a probabilidade ou chances do resultado alvo assumir um valor binário específico. Esse algoritmo obteve uma precisão de 73,3%, sensibilidade de 97,7%, especificidade de 97,2% e acurácia de 0,89.

Ainda sobre a revisão de (EMAN; EMANUEL, 2019), comparando a Rede Neural Artificial à Regressão Linear, a RNA é capaz de modelar de maneira mais precisa a relação entre a intensidade do tratamento e os resultados da aprendizagem.

Para uma melhor visualização da avaliação desses algoritmos no estudo de revisão de (EMAN; EMANUEL, 2019), observe a tabela:

**Tabela 3– Comparação dos resultados dos algoritmos testados.**

Algoritmo	Precisão	Sensibilidade	Especificidade	Acurácia
Árvore	95,8 %	89,9 %	79,7%	--
RNA	92 %	92 %	70 %	0,93
SVM	88,51 %	93,1 %	86,21 %	0,8963
Regressão logística	73,3 %	97,7 %	97,2 %	0,89

Até agora, se usou uma metodologia de **aprendizagem supervisionada** rotulando casos já diagnosticados o seguinte passo é usar um conjunto de dados sem rótulo. O objetivo é descobrir similaridades entre as variáveis secundárias analisadas nos passos 1 a 3 a fim de detectar similaridades e anomalias.

Em resumo, no Passo 3 é estudado qual algoritmo de aprendizagem será utilizado para realizar o treinamento da ferramenta.

Neste caso, o próximo passo é usar um algoritmo de **aprendizagem não supervisionado** que vai criar rótulos a partir das variáveis de entrada.

#### 3.1.4 – Passo 4.

Nesta esta etapa se busca inferir resultados a partir dos padrões encontrados, ou seja, prognosticar o comportamento de um novo conjunto de dados. De acordo com (FROTA et al., 2020), pode-se subdividi-la em: Classificação, Estimação e Predição.

- **Estimação** – é o processo de prever algum dado, baseado em um padrão conhecido.
- **Predição** – é o processo de prever um comportamento futuro, baseado em diversos valores.
- **Classificação** – é o processo para prever algum valor para uma variável categórica.

Assim o Passo 4 é realizada uma predição por meio do padrão treinado no Passo 3. Em ambos os passos, para sua execução é necessário programar todo o sistema.

### 3.2 – Considerações Finais

A metodologia proposta se caracteriza por manipular variáveis primárias e secundárias, relacionadas no desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie o diagnóstico do TEA, testando a hipótese pleiteada no capítulo 1. A metodologia envolve grupos de controle e sistemas de prognóstico. Desta forma, busca-se com esta metodologia a generalização de casos de coleta de dados que se podem ser efetuados durante experiência clínica e não clínica.

Para o próximo capítulo, será explicada a descrição do experimento, analisando os softwares e hardwares utilizados no estudo de caso, não clínico.

## 4 – DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Esta pesquisa utiliza dois softwares livres e de uma câmera de profundidade, Figura 16<sup>28</sup>, para analisar o comportamento ocular de crianças autistas e típicas.



Figura 16 – GP3 Eye-Tracker – Rastreador ocular Gazepoint GP3, sistema de 60Hz

### 4.1 – Montagem do Experimento

Avaliação do sistema de gravação e análise do comportamento ocular foi organizada pelo Software de gravação e análise do comportamento ocular: OGAMA® - *Open Gaze and Mouse Analyzer* (Universidade de Berlim, Alemanha) e também a câmera GP3 Eye-Tracker – Rastreador ocular Gazepoint GP3, sistema de 60Hz, API / SDK incluído (Gazepoint Research Inc., Vancouver – USA)

O computador utilizado na experiência tinha a configuração: Processador i7 – 5500U 2.4GHz (Intel® - EUA); 8 GB de RAM; Windows 10 Home Single Language; 01 TB de disco rígido; Placa de vídeo (GeForce - NVIDIA® - EUA).

Uma tela de LCD modelo LG-20M37AA-B, com as seguintes configurações: Tamanho 19,5"; Formato 16:9 Widescreen; Contraste 5.000.000:1; Tempo de Resposta de 5ms (GTG); Brilho 200 cd/m<sup>2</sup>; Resolução Máxima de 1366 x 768; Pixel

---

<sup>28</sup>Figurada retirada do site no dia 12/11/2019 <https://www.gazept.com/product/gazepoint-gp3-eye-tracker/>

Pitch 0.3177 (H) x 0.307 (V) (mm); Suporte de cores 16,7 M; Ângulo de Visão H:90°/ V:65°; Frequência Horizontal 30 ~ 61 kHz; Frequência Vertical 56 ~ 75 Hz.

O esquema exemplificado na Figura 17 mostra o ambiente do qual os voluntários ficaram expostos durante o experimento.

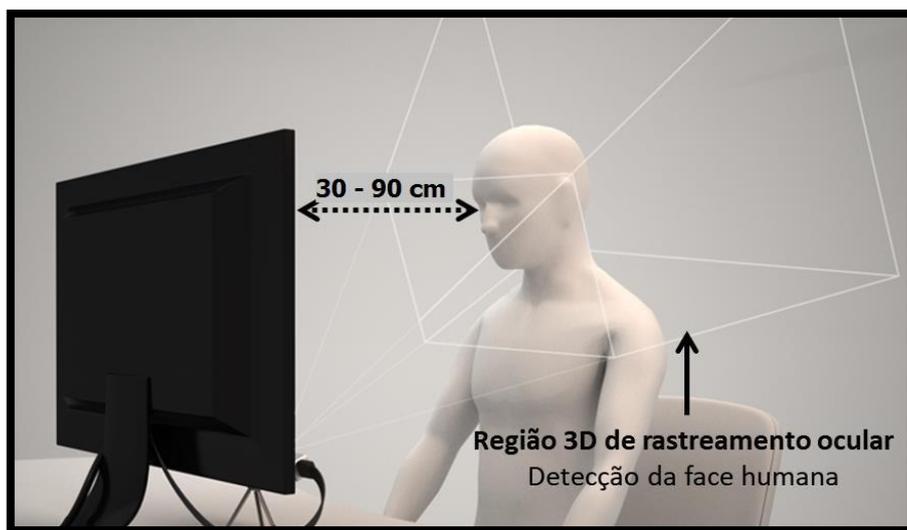


Figura 17 – Modelo do ambiente para realizar os testes com o sistema de gravação e análise do comportamento ocular (software OGAMA® e rastreador ocular – GP3 Eye-Tracker®)

#### 4.2 – Método para Examinar as Imagens de Estímulo

Para examinar as habilidades na averiguação de faces, será aplicado o Serviço de Face Composta, apresentada no capítulo 2.3.1. O serviço de face composta será o utilizado no experimento, pois com este será possível identificar a região de preferência visual do voluntário, pois com esse efeito é possível separar as regiões boca e olhos. Para assim validar as hipóteses estipuladas no capítulo 1.3.

Para a estruturação desse serviço serão utilizadas imagens de pessoas famosas e conhecidas para ambos os grupos, assim o voluntário tende a ficar tranquilo durante o procedimento. Em virtude do grande sucesso do Filme: Vingadores ou *Avengers* entre as pessoas dessa idade. O filme: Vingadores Guerra

Infinita teve um total de 12 milhões<sup>29</sup> de espectadores somente nas salas de cinema no ano de 2018, em virtude disso, serão usados os rostos dos seguintes atores do filme:

- Ator Robert Downey Jr. que interpreta o personagem Homem de Ferro;
- Ator Chris Hemsworth que interpreta o personagem Thor;
- Ator Chris Evans que interpreta o personagem Capitão América;
- Ator Tom Holland que interpreta o personagem Homem Aranha.

A imagem utilizada neste estudo é de apenas rosto frontal e sem o uniforme do personagem, pois o uniforme poderia induzir o participante ao erro, considerando que o que importa é a identificação por meio de processamento holístico. As imagens terão escalas colorida, sendo ajustadas duas metades de faces desiguais para a conferência do estímulo. As imagens utilizadas no experimento podem ser verificadas na Figura 18, na primeira coluna, estão às imagens originais; na segunda coluna, estão as imagens modificadas e alinhadas; enquanto na terceira coluna, estão as imagens modificadas e desalinhadas.

O serviço será oferecido em formato digital e será associado por duas fases. Na primeira fase, os participantes irão observar e analisar dois slides com as 2 fotos frontais das personalidades conhecidas em cada slide, por um tempo de 15 segundos para cada slide.

Durante a segunda fase, serão apresentadas as fotos alinhadas e desalinhadas. Cada um dos 8 slides terá um tempo de execução de 10 segundos. Cada um dos quatro primeiros slides possui imagens alinhadas e cada um dos quatro últimos slides possui imagens desalinhadas.

---

<sup>29</sup> Verificado dia 10/04/2019 no site <http://www.adorocinema.com/noticias/filmes/noticia-140263/>

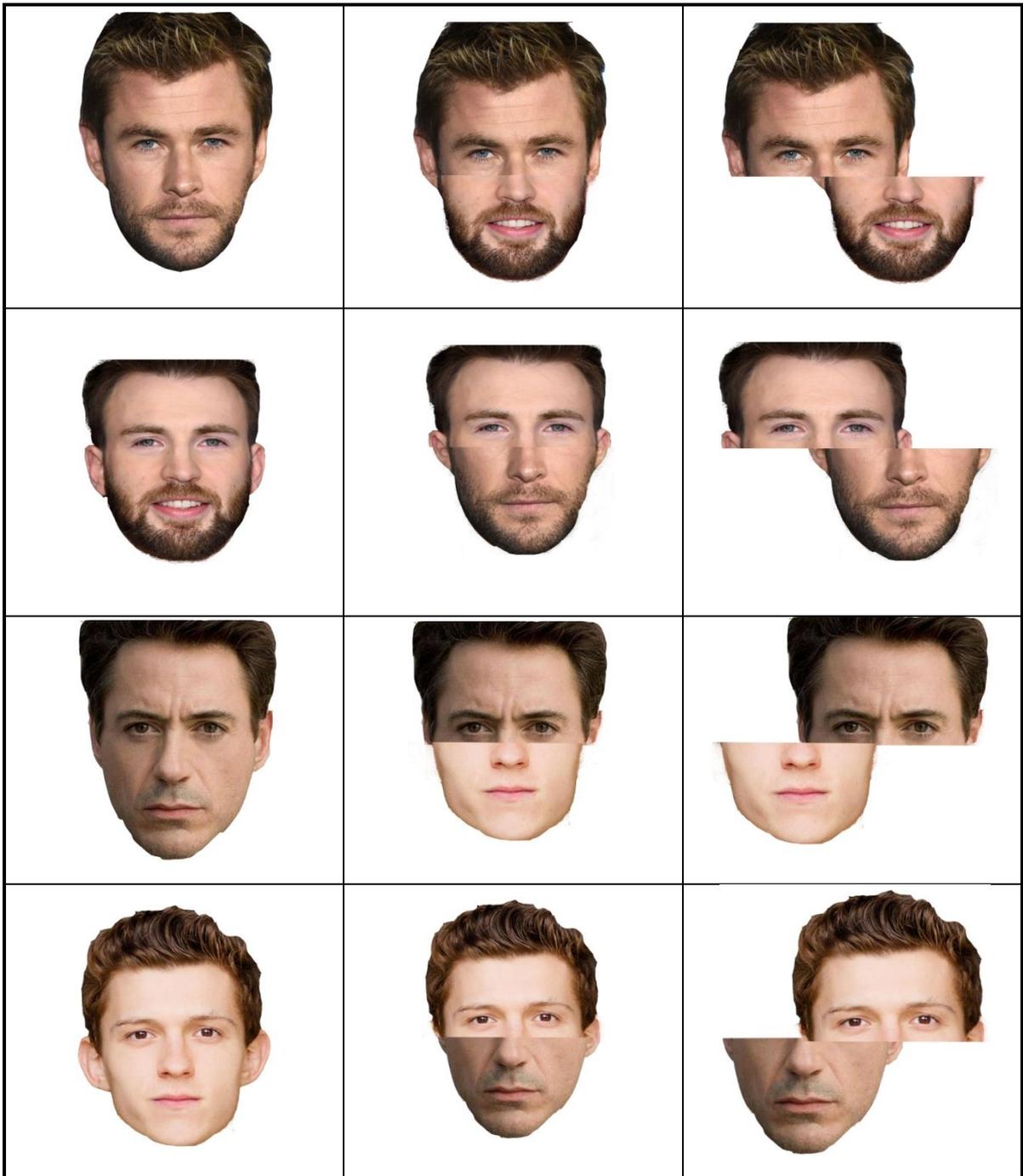


Figura 18 – Imagens de estímulo da primeira e segunda fase.

Com relação aos riscos do procedimento, caso a criança tenha hipersensibilidade nos olhos pode ficar desconfortável olhando uma tela de televisão ou computador. Considerando que grande parte das crianças que serão analisadas nesse procedimento possui familiaridade com televisão ou tela de computador e que este procedimento consiste em a criança apenas olhar as

imagens neste tipo de tela, de maneira livre e tranquila. Livre em virtude de não existir nenhum equipamento acoplado ao seu corpo, como por exemplo, eletrodos, óculos, sensores cardíacos, entre outros. Além disso, a criança ficará tranquila, pois estará sentada em uma cadeira confortável e anatômica, podendo movimentar sua cabeça e tronco tranquilamente sem interferir no resultado do procedimento. Portanto, não são imagens que possam trazer desconforto, trauma ou desinteresse, pois estas são conhecidas por esse grupo de voluntários, pois esse filme foi de grande interesse por crianças e pré-adolescentes.

A análise não é invasiva, pois o voluntário apenas terá a função de olhar a tela onde aparecerão as imagens durante uma sessão de até 10 minutos. Sendo assim não ocorrerá nenhuma interação direta entre o voluntário e o pesquisador, pois durante o procedimento a criança será assistida e acompanhada por uma pessoa conhecida, ou seja, podendo ser o coordenador(a) da escola, o professor(a) da sala de recursos pedagógico da escola, ou o próprio(a) professor(a) da classe, para assim evitar e/ou reduzir danos ou riscos ao participante da pesquisa. Caso a criança se sinta desconfortável durante o procedimento, o indivíduo conhecido poderá acalmá-lo de maneira lúdica e pedagógica, ou seja, ele executará uma ação que todo educador realiza periodicamente na escola. Entretanto, caso a criança se sinta desconfortável, ela terá todo direito de parar ou cancelar a sessão do procedimento.

O procedimento poderá ser futuramente utilizado por diversas escolas do Distrito Federal, para realizar uma análise prévia se uma criança com idade entre 6 e 11 anos possuem características de autismo. Pois com a finalização deste estudo, será possível verificar o processamento holístico utilizado pelas crianças dessa idade. Lembrando que o procedimento não substituirá a presença de um profissional especialista, mas auxiliará no seu futuro diagnóstico.

Os experimentos podem ser empregados em quantas sessões individuais forem necessárias. O primeiro contato individual com as crianças voluntárias deve acontecer de maneira cautelosa e objetiva, por um período de aproximadamente 10 minutos, para explicar todo funcionamento do experimento, como é realizada a calibração do sistema e inclusive o que os voluntários podem fazer e o que não pode ser feito durante o processo.

O segundo contato com as crianças voluntárias devem ocorrer mais uma vez de forma cautelosa e objetiva, nesta fase, a criança deve observar livremente os 10 diapositivos. Durante todo o processo, uma câmera inserida no computador, rastreará todos os movimentos dos olhos. Calculando as fixações e sacadas das crianças, mapeando todo o campo de visão dos voluntários.

A calibração do sistema acontece da seguinte forma: é iniciado por um ponto de ancoragem colocado no ponto médio do ecrã por um período de 200 ms; em seguida, aparecem outros oito pontos no ecrã um de cada vez a cada 200 ms de maneira aleatória. Para ocorrer a calibração o voluntário tem apenas que seguir cada um destes pontos com os olhos e se possível não movimentar muito a cabeça. Com o sistema calibrado inicia-se o procedimento de análise, assim o voluntário observará os dez diapositivos no monitor.

Esse procedimento foi realizado apenas pelo voluntário para sua demonstração, assim para o estudo não serão coletados dados de voluntários autistas. **Pois não foi possível, obter a aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP), durante a constituição deste projeto, além do que neste mesmo período ocorreu a Pandemia da COVID-19.** Entretanto, com a futura aprovação do CEP e finalização da Pandemia da COVID-19, será possível analisar dois grupos de voluntários, um grupo experimental composto com indivíduos autista e um grupo controle composto por indivíduos com desenvolvimento típico.

### 4.3 – Análise de Variáveis do Processamento Holístico com o Software OGAMA®

O software OGAMA® apresentou estabilidade e segurança no decorrer dos testes de funcionamento com um período médio de 15 minutos, incluindo o momento de calibragem do olhar do voluntário. Felizmente não ocorreu vazamento de memória RAM ou erros no sistema operacional utilizado (Microsoft Windows®) da plataforma de testes.

Como é recomendado por (VOSSKÜHLER; NORDMEIER, 2008), o OGAMA® é um software livre e com código aberto, escrito em C # .NET e desenvolvido para ser usado em computadores com sistema operacional *Microsoft Windows*®. Foi esquematizado para ser usado vastamente em experimentos nos campos da psicologia comportamental e estudos de usabilidade. Ou seja, foi produzido para auxiliar os voluntários a executarem a análise de estímulos visuais descritos em uma tela de computador ou televisão. Tem capacidade de armazenar o comportamento ocular e movimento do mouse ao mesmo tempo, registrando todo o mapeamento das fixações do voluntário.

Proporciona desempenhos habitualmente achados em outros softwares comerciais para análise do comportamento ocular, como por exemplo:

- Reprodução do vídeo do comportamento ocular;
- Mapas de calor;
- Mapas de caminho de visualização das fixações-sacadas-fixações;
- Áreas de interesse (AOI) com número de fixações e transição relativa;
- Áreas de interesse (AOI) com tempo médio das fixações e transição relativa;
- Banco de dados para a gravação dos eventos dos experimentos.

Os desempenhos podem ser ilustrados e avaliados durante o teste de usabilidade no Capítulo 5.3, conforme as imagens registradas entre as Figura 38 a Figura 49.

Para (MANNARU et al., 2017), existe limitação em rastreadores oculares de custo médio, como o *Gazepoint GP3*, com frequência de amostragem da captura do movimento dos olhos em 60 Hz, com valor atualizado de US\$695,00<sup>30</sup> (Seiscentos e noventa e cinco dólares), no entanto este aparelho pode desenvolver uma boa taxa de acurácia, como ocorreu nos testes deste trabalho. **A taxa de acurácia com esses recursos computacionais, na plataforma de testes, foi de 92%. Portanto, obteve uma boa acurácia e boa precisão.** Por uma comparação com uma WebCam HD comum esta taxa de acurácia foi de 18%, demonstrando baixa acurácia e baixa precisão. Essa taxa de acurácia é calculada pelo *software* OGAMA. Para uma melhor acurácia e precisão, seria necessária uma câmera de rastreamento com frequência de 150 Hz, no entanto, o seu valor acima do orçamento impossibilita sua aquisição. A câmera GP3 HD Eye-Tracker 150Hz, tem um valor de US\$1.995,00<sup>31</sup> (Um Mil Novecentos e Noventa e Cinco Dólares).

Como pode ser verificado na Figura 19<sup>32</sup>, o teste do voluntário pode ocorrer em uma sala comum com uma iluminação normal e sentado em uma cadeira genérica, a qual a cabeça, o tronco e os membros ficam livres.

---

<sup>30</sup> Valor verificado no dia 01/11/2019 no site: <https://www.gazept.com/product/gazepoint-gp3-eye-tracker/>

<sup>31</sup> Valor verificado no dia 01/11/2019 no site: <https://www.gazept.com/product/gp3hd/>

<sup>32</sup> Fonte própria realizado no dia 10/04/2020



Foto 19A



Foto 19B

Figura 19- Posição e Esquema da posição dos voluntários durante o experimento. Foto 19(A) lateral e Foto 19(B) frontal.

Ao iniciar o software de calibração da câmera GP3 o pesquisador deve verificar a detecção da pupila (Figura 20). Quando a pupila é detectada é mostrado um círculo verde. No cabeçalho da tela de calibração, surge o **Ponto de Calibração / Precisão**, a calibração do processo é sinalizada por meio da cor e a precisão por meio da posição deste ponto. Cor vermelha (baixa acurácia); cor laranja (acurácia

regular); cor verde (boa acurácia). Quanto mais centralizado este ponto estiver na barra, maior será a precisão do processo.



**Figura 20 - Calibração da Câmera Gazepoint GP3.**

Em virtude de cada voluntário ter um biótipo e comportamento diferente, é sempre necessário realizar uma calibração individual. Para calibrar a tela, o voluntário tem que acompanhar com os olhos cada ponto que surge aleatoriamente no ecrã, em um total de 9 pontos (Figura 21<sup>33</sup>).

A imagem da Figura 21 (tela preta, com nove pontos brancos) é a visão do voluntário. Assim o voluntário deve seguir com os olhos os nove pontos brancos, que surgem na tela. Esses pontos surgem individualmente seguindo uma sequência aritmética.

<sup>33</sup>Fonte própria realizado no dia 10/04/2020

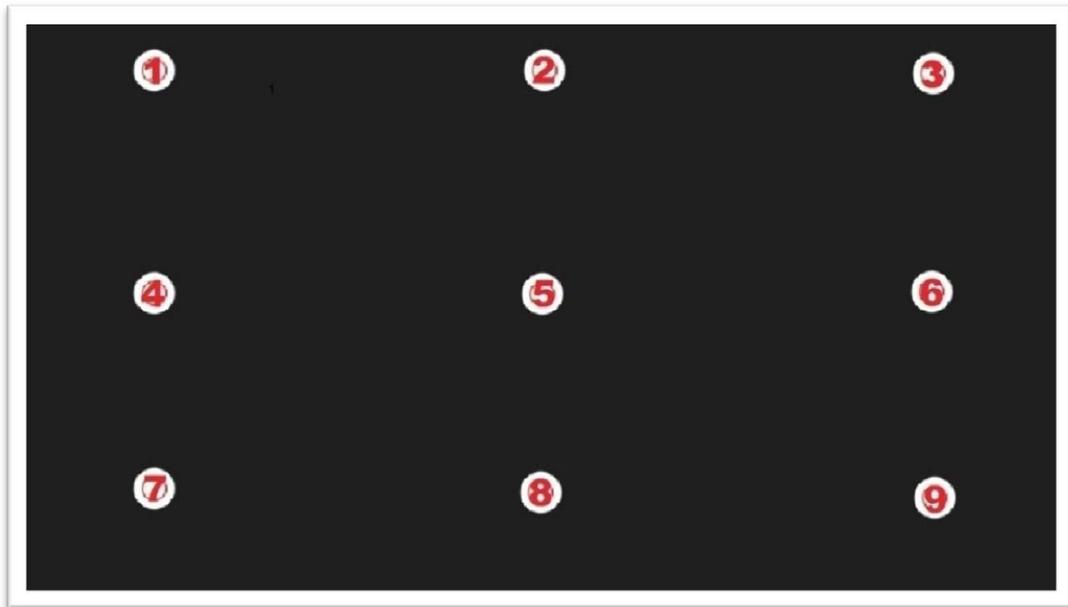


Figura 21 – Processo de calibração do rastreador ocular OGAMA®

Na Figura 22<sup>34</sup>, é exemplificada uma simulação da calibração deste experimento.

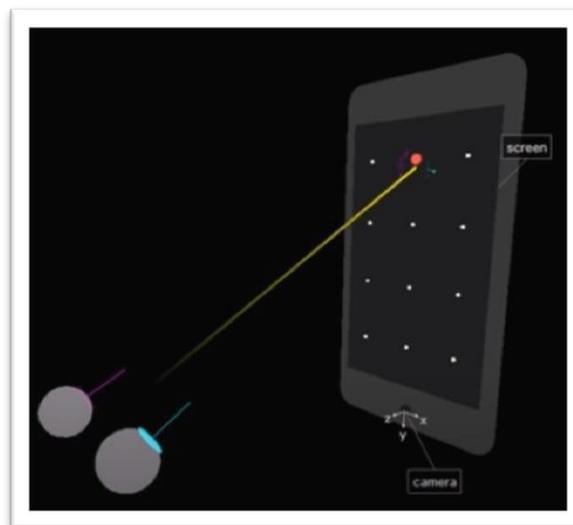


Figura 22 - Simulação da calibração do experimento

O modelo dos slides que serão utilizados durante o experimento são os mesmos da Figura 18, com uma pequena adaptação. Esses slides são divididos em dois momentos: de treinamento e de experimento. Os slides de treinamento

<sup>34</sup>Figura vista em 11-05-2020 de <https://www.youtube.com/watch?v=IPcjQdSzKX4>

podem ser verificados na Figura 23, enquanto os de experimento são os da segunda e terceira colunas da Figura 18.



Figura 23 – Modelo de original dos slides usados para os testes do rastreamento ocular com o software OGAMA®

#### 4.4 – Processamento de Informação, por meio do programa de ORANGE de mineração de dados

Como foi relatada no capítulo 2.15.1, a mineração de dados neste estudo foi realizada pelo *software Orange Canvas*, o desenvolvimento do algoritmo pode ser verificado na Figura 24. **Programação criada pelo próprio autor da dissertação.**

Este algoritmo inicia os dados no objeto *File*, local onde estão armazenados os dados coletados do estudo, eles estão no formato CSV, **a origem dos dados será explicada no capítulo 5.2.** Para verificar os melhores atributos para esse estudo, o objeto *Rank* faz uma pontuação dos métodos, classificando quais são os atributos mais interessantes para esse estudo. Na Figura 25, pode-se verificar como ocorreu a classificação para o estudo, o método de pontuação adotado foi o FCBF. Para ratificar esta classificação, utilizou-se o objeto *Tree*, com a função de mostrar qual é o melhor atributo, verifique na Figura 26. O melhor atributo foi o Tempo de Fixação nos olhos, ou seja, o tempo que o voluntário fixou seu olhar nos olhos das imagens estudadas.

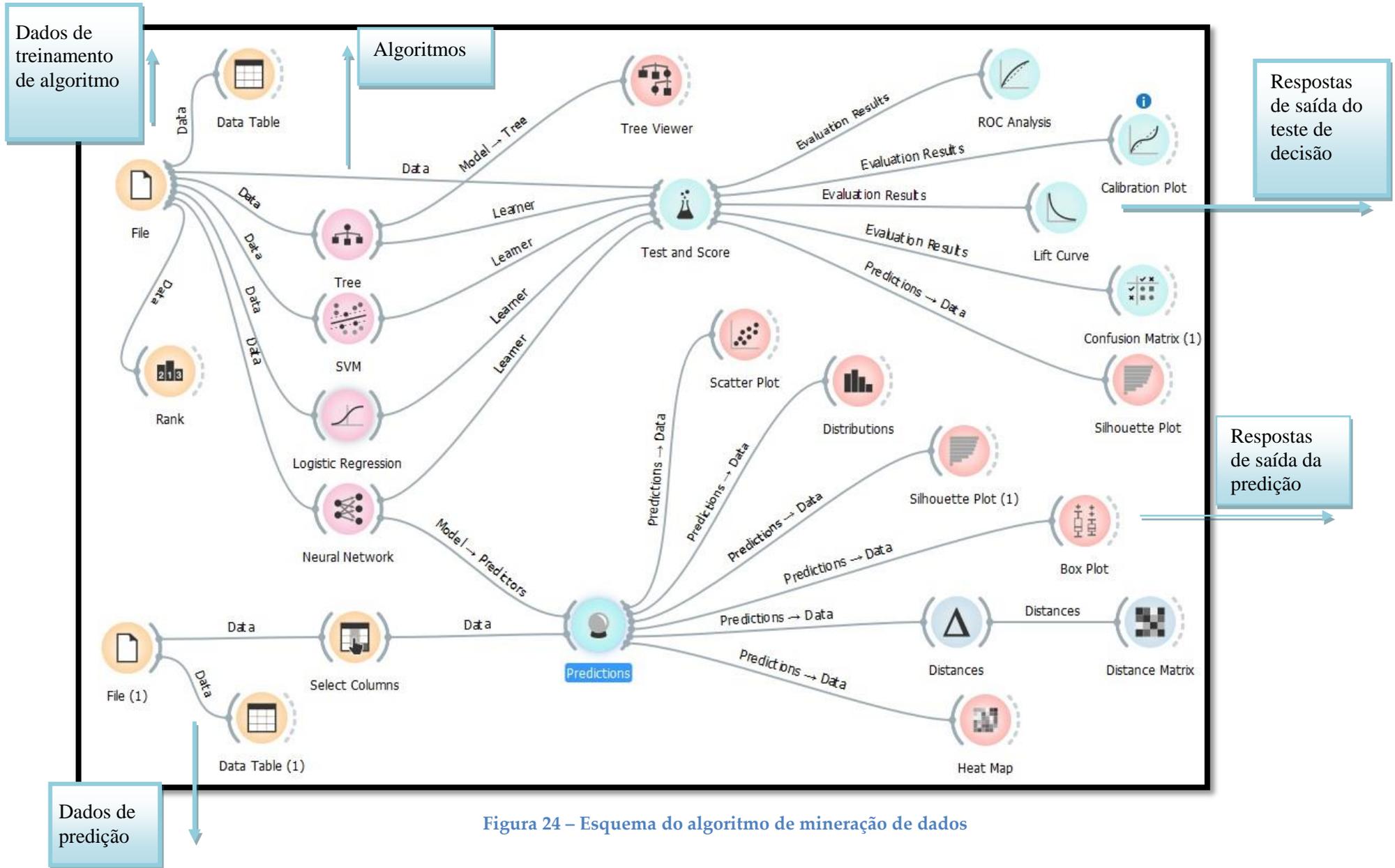


Figura 24 – Esquema do algoritmo de mineração de dados

	#	Info. gain	Gain ratio	Gini	ANOVA	$\chi^2$	Relieff	FCBF
<b>N</b> Quant-Fix		1.000	0.542	0.500	656.148	14.235	0.748	2.363
<b>N</b> Quant-Fix-Olhos		1.000	0.500	0.500	202.242	13.333	0.532	2.000
<b>N</b> Tempo-Fix-olhos		1.000	0.500	0.500	953.964	13.333	0.718	2.000
<b>N</b> Quant-Fix-Fora		0.820	0.420	0.420	74.388	15.207	0.469	1.248
<b>N</b> Tempo-Fix-Fora		0.820	0.413	0.420	28.435	14.286	0.295	1.217
<b>N</b> Fix_Quant-segundo		1.000	0.500	0.500	983.253	13.333	0.768	0.000
<b>N</b> Vel-Caminho		1.000	0.500	0.500	983.253	13.333	0.768	0.000
<b>N</b> Dist-Fix		1.000	0.500	0.500	983.253	13.333	0.768	0.000
<b>N</b> Razao_Sacada-Fixação		1.000	0.500	0.500	983.253	13.333	0.768	0.000
<b>N</b> Dist-Media-Sacada		1.000	0.500	0.500	983.253	13.333	0.768	0.000
<b>N</b> Tempo-Mediana-Fix		1.000	0.500	0.500	983.253	13.333	0.768	0.000
<b>N</b> Tempo-Medio-Fix		1.000	0.500	0.500	983.253	13.333	0.768	0.000
<b>N</b> Vel-Media-Sacada		1.000	0.500	0.500	983.253	13.333	0.768	0.000
<b>N</b> Tempo-Fix-Boca		0.639	0.320	0.340	25.161	8.533	0.344	0.000
<b>N</b> Quant-Fix-Boca		0.520	0.266	0.270	20.309	6.429	0.217	0.000

Figura 25– Classificação dos métodos de pontuação

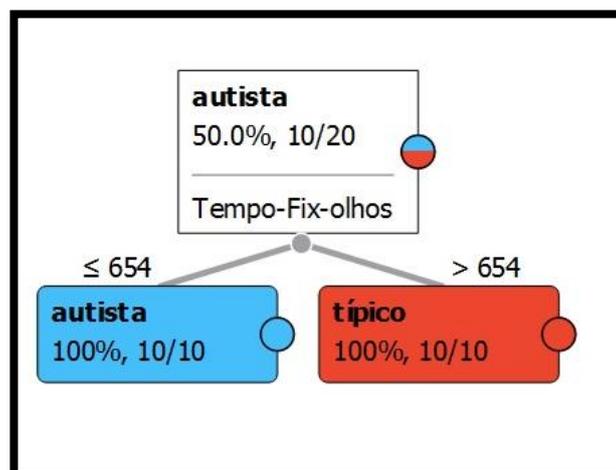


Figura 26– Visualização em árvore dos melhores atributos

O objeto *Test and Score* tem a função de analisar todos os algoritmos de cálculos, neste estudo: *Tree*, *SVM*, *Logistic Regression* e *Neural Network*.

Esse teste foi utilizado com a técnica *Cross-Validation* (Validação Cruzada) essa técnica propende entender como seu modelo generaliza, isto é, como ele se comporta quando vai calcular um dado totalmente desconhecido. Criando desiguais aglomerados de treino e teste, para esse treinamento foi utilizado 20 modelos a partir dos mesmos dados, como pode ser verificado na Figura 27.

Na Figura 27, pode-se averiguar a capacidade de cada algoritmo utilizado. Nessa situação, o *Tree* pode ser descartado, pois teve o pior desempenho, enquanto que os outros três empataram.

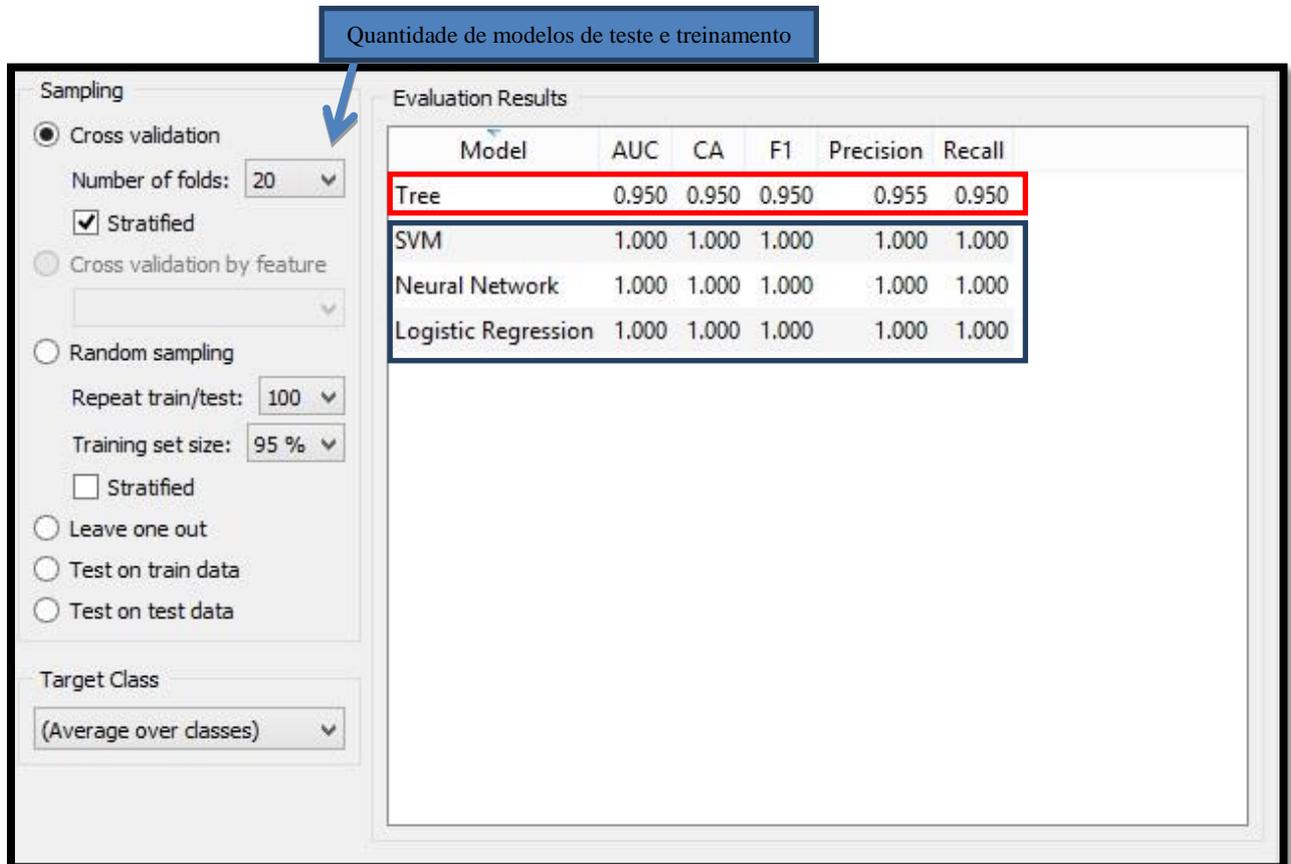


Figura 27– Resultado inicial do teste dos algoritmos

Para desempatar, são verificadas as saídas do *Lift Curve* (Curva de Elevação), *ROC Analysis* (Análise de ROC), *Confusion Matrix* (Matriz de Confusão), *Silhouette Plot* (Gráfico de Silhueta) e *Calibration Plot* (Gráfico de Calibração). Cada uma delas têm uma característica diferente, assim para uma boa compreensão é preciso interpretá-las.

A interpretação do *Lift Curve*, o eixo x (P Rate) do gráfico (Figura 28) simboliza a porcentagem do conjunto de dados de teste usado para comparar as previsões. O eixo y (TP Rate) do gráfico simboliza a porcentagem dos valores previstos.

Observe a Figura 28, a linha tracejada na diagonal representa os saldos da adivinhação aleatória, ou seja, a linha base. Para cada algoritmo utilizado neste estudo, existe uma linha que mostra os resultados ideais para o conjunto de dados treinados pelo algoritmo. Neste estudo, todos os algoritmos obtiveram a mesma resposta, como pode ser verificado na Figura 28. O gráfico informa que a linha ideal atinge um pico em 52%, o que significa que se pode atingir 100% dos autistas analisando apenas com 52% da população total.

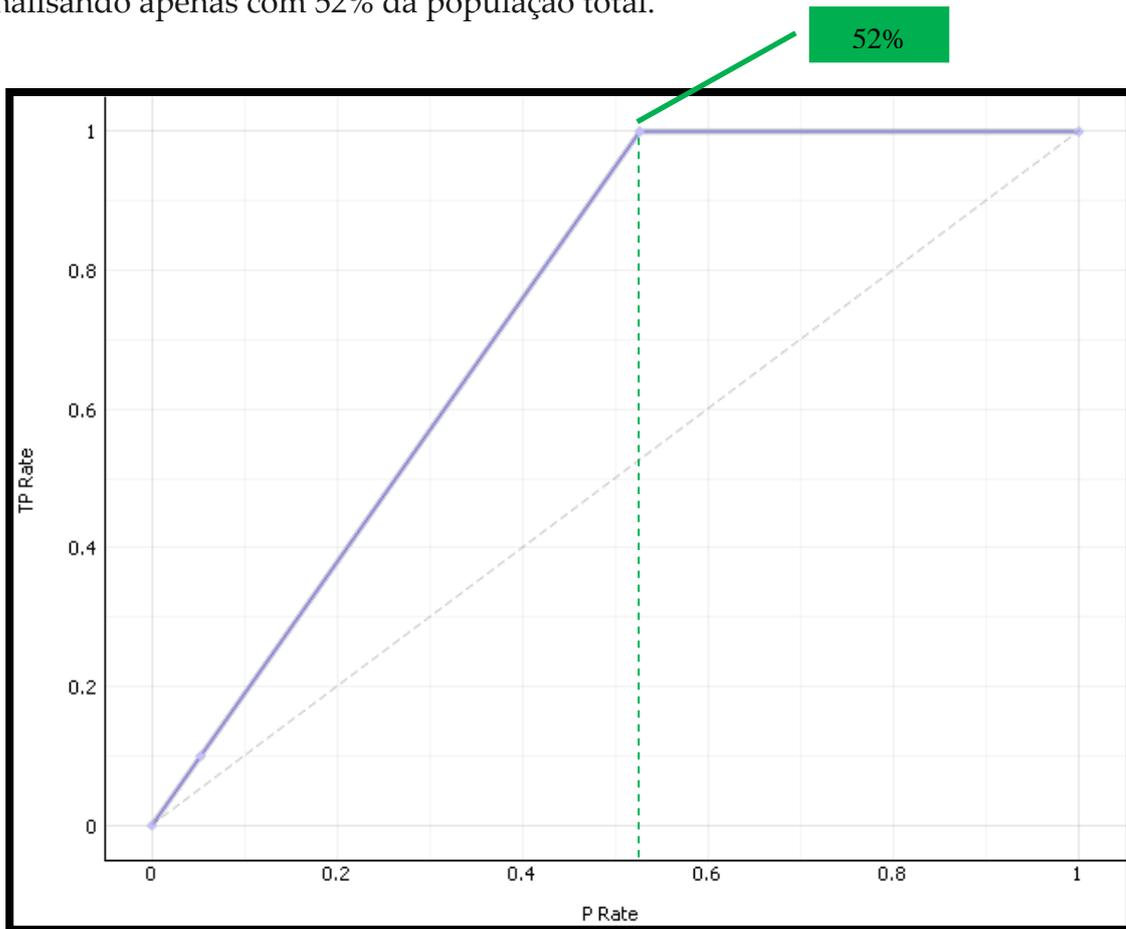
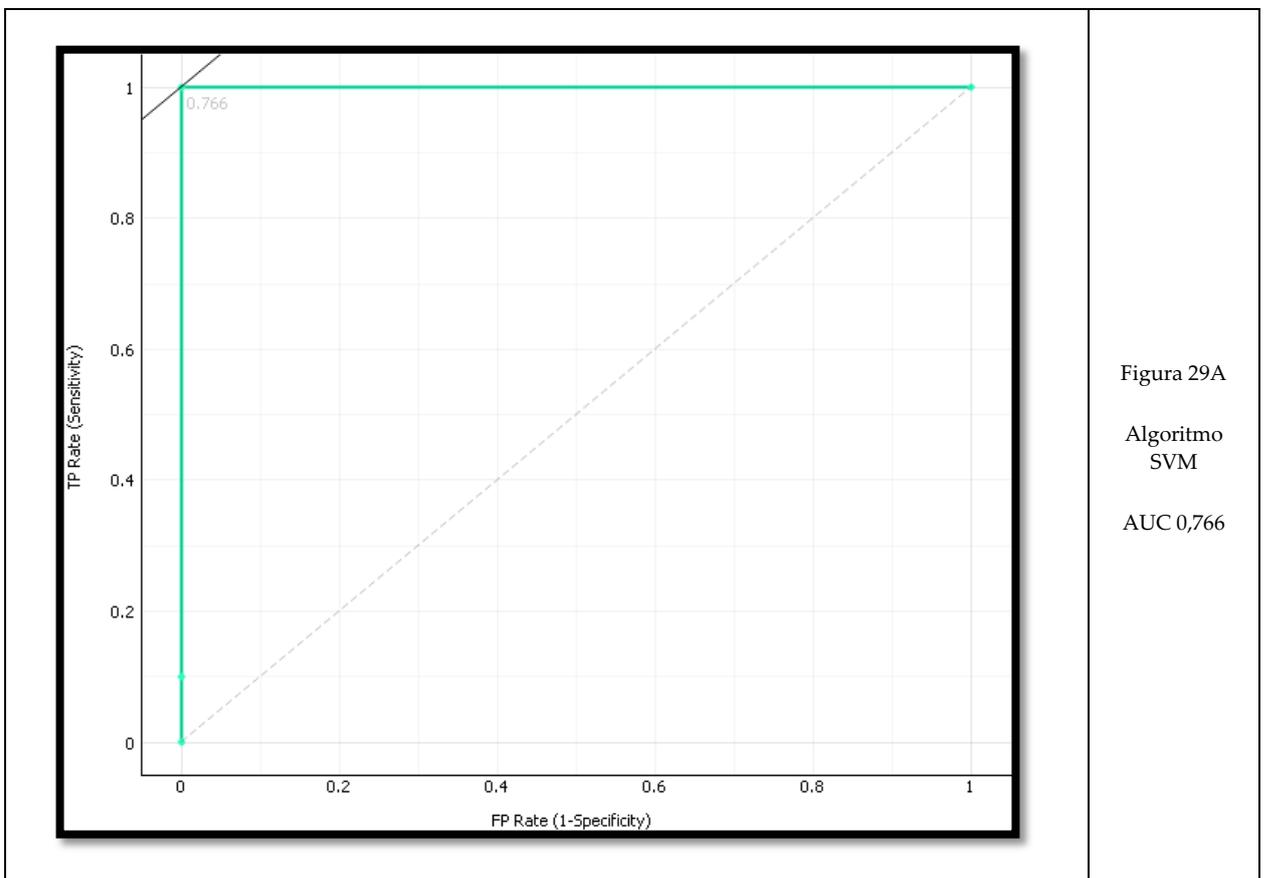


Figura 28– Curva de Elevação dos Algoritmos SVM, Logistic Regression e Neural Network

A saída *ROC Analysis* tem a capacidade de mostrar qual é o melhor modelo de classificação. Possuindo dois parâmetros: Taxa de verdadeiro positivo (*True Positive Rate*), que é dado por  $\text{true positives} / (\text{true positives} + \text{false negatives})$ ; Taxa de falso positivo (*False Positive Rate*), que é dado por  $\text{false positives} / (\text{false positives} + \text{true negatives})$ . Essa curva esboça “*True Positive Rate vs. False Positive Rate*” em diferentes limiares de classificação. Para simplificar a análise da ROC, usa-se a *Area Under the*

ROC Curve (área sob a curva), AUC, que é uma síntese da ROC em uma única cotação. Podendo variar de 0,0 até 1,0, quanto maior a cotação da AUC melhor. Ou seja, se a previsão estiver 100% errada a AUC será igual a 0,0 se estiver 100% certa a AUC será igual a 1,0. O interessante da AUC é que a métrica é invariante em escala, pois trabalha com precisão das classificações ao avesso de seus valores absolutos e também testa o nível das previsões do modelo, independentemente do limite de classificação.

Na análise de ROC e AUC, o algoritmo *Tree* foi descartado. Na Figura 29A, verifica-se a curva do algoritmo SVM, com um valor **AUC de 0,766**. Na Figura 29B, tem-se a curva do algoritmo *Logistic Regression*, com valor de **AUC de 0,822**. Enquanto na Figura 29C, observa-se a curva do algoritmo *Neural Network*, com valor de **AUC de 0,991**. Mostrando que o melhor desempenho ficou com o algoritmo *Neural Network*.



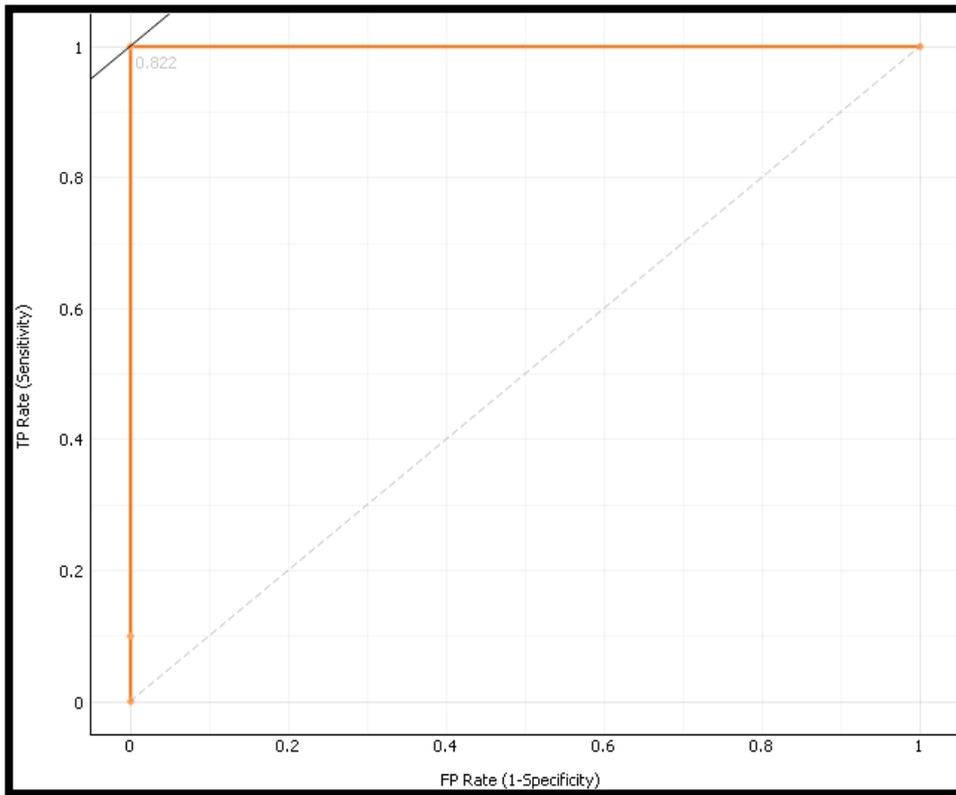


Figura 29B

Algoritmo  
*Logistic  
Regression*

AUC 0,822

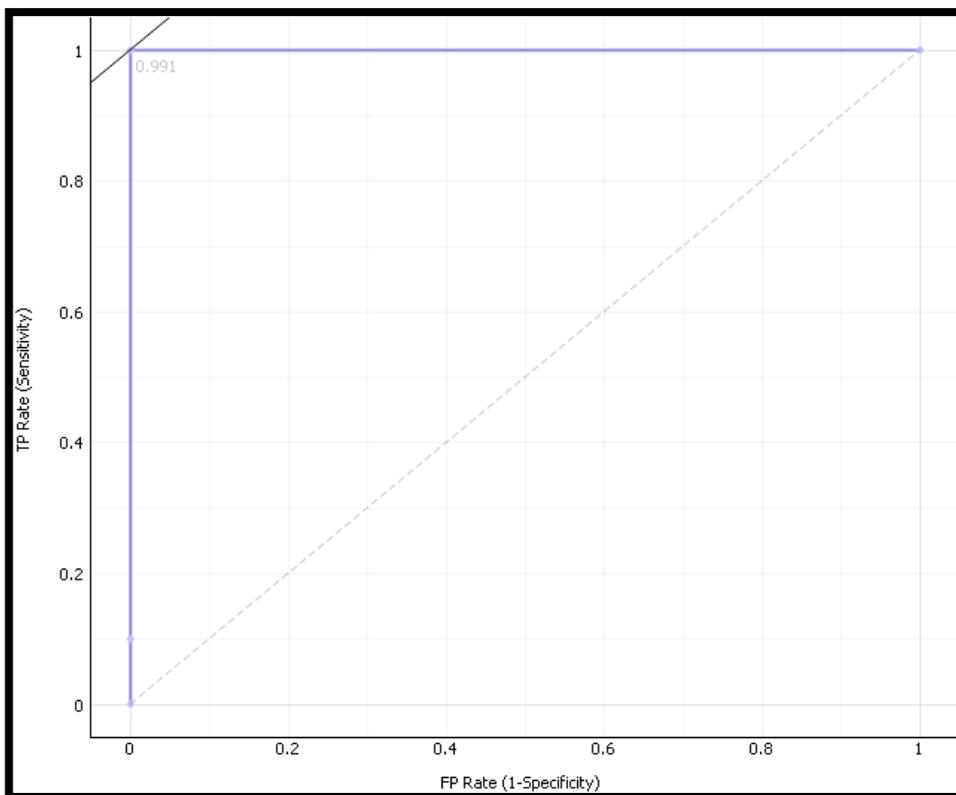


Figura 29C

Algoritmo  
*Neural Network*

AUC 0,991

Figura 29– Gráficos da curva ROC, dos algoritmos SVM (A), Logistic Regression (B) e Neural Network (C).

Uma Matriz de Confusão (*Confusion Matrix*) classifica todas as ocorrências do modelo em categorias, determinando se o valor previsto satisfaz ao valor legítimo. Todos os casos em cada categoria são computados e todos são mostrados na matriz. Esta matriz colaciona os dados reais aos previstos para cada estado previsto mencionado. As linhas na matriz representam os dados previstos para o modelo, enquanto as colunas representam os dados reais. A quantidade e/ou as porcentagens em cada célula desta matriz indicam com que frequência o modelo previu com exatidão.

Verifique na Figura 30 as matrizes para cada um dos algoritmos utilizados neste estudo. A Figura 30A representa o algoritmo SVM, a Figura 30B representa o algoritmo *Logistic Regression* e a Figura 30C representa o algoritmo *Neural Network*. Observe que ambas as três matrizes tiveram comportamento similar.

		Predicted		$\Sigma$
		autista	típico	
Actual	autista	100.0 %	0.0 %	10
	típico	0.0 %	100.0 %	10
$\Sigma$		10	10	20

Figura 30A  
Algoritmo SVM

		Predicted		$\Sigma$
		autista	típico	
Actual	autista	100.0 %	0.0 %	10
	típico	0.0 %	100.0 %	10
$\Sigma$		10	10	20

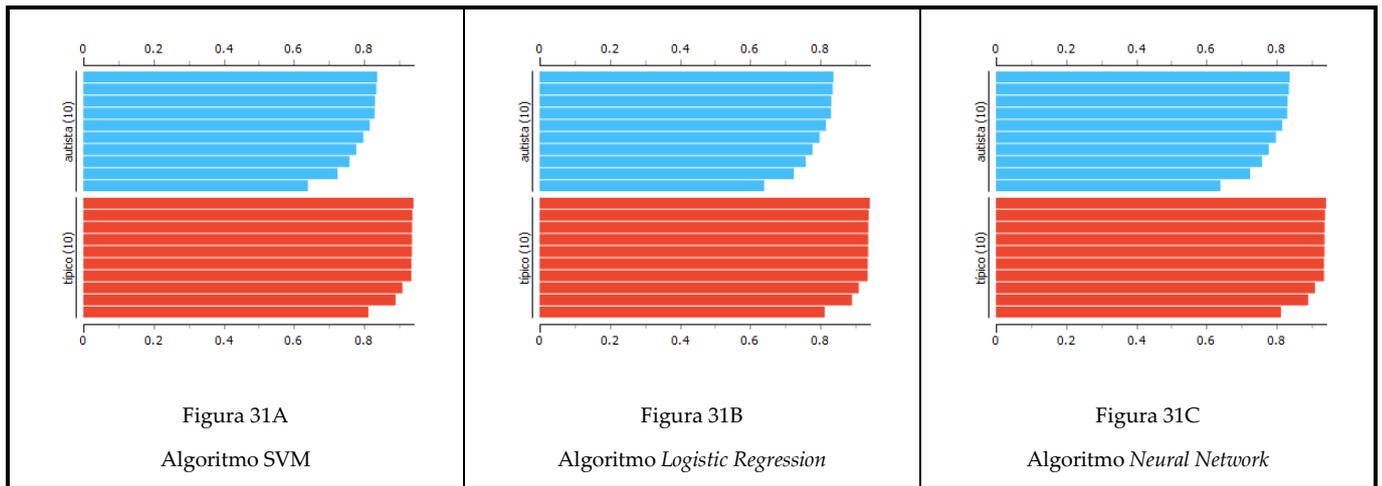
Figura 30B  
Algoritmo *Logistic Regression*

		Predicted		$\Sigma$
		autista	típico	
Actual	autista	100.0 %	0.0 %	10
	típico	0.0 %	100.0 %	10
$\Sigma$		10	10	20

Figura 30C  
Algoritmo *Neural Network*

**Figura 30– Matriz de Confusão dos algoritmos utilizados no estudo**

A análise do gráfico de Silhueta (*Silhouette Plot*) é utilizada para verificar a distância de separação entre os clusters resultantes, portanto, é uma maneira de verificar parâmetros visuais dos clusters, essa medida tem um intervalo de [-1, 1]. Para esse estudo foi usada a distância euclidiana. De acordo com o estudo de (ROUSSEEUW, 1987), cada cluster é simbolizado por uma silhueta, que se baseia na comparação de sua separação. Mostrando quais objetos estão dentro de seu cluster e quais estão em algum lugar entre os clusters. Todo o cluster é exibido combinando as silhuetas em um único gráfico, permitindo um exame da qualidade relativa dos clusters e uma visão geral da configuração dos dados.



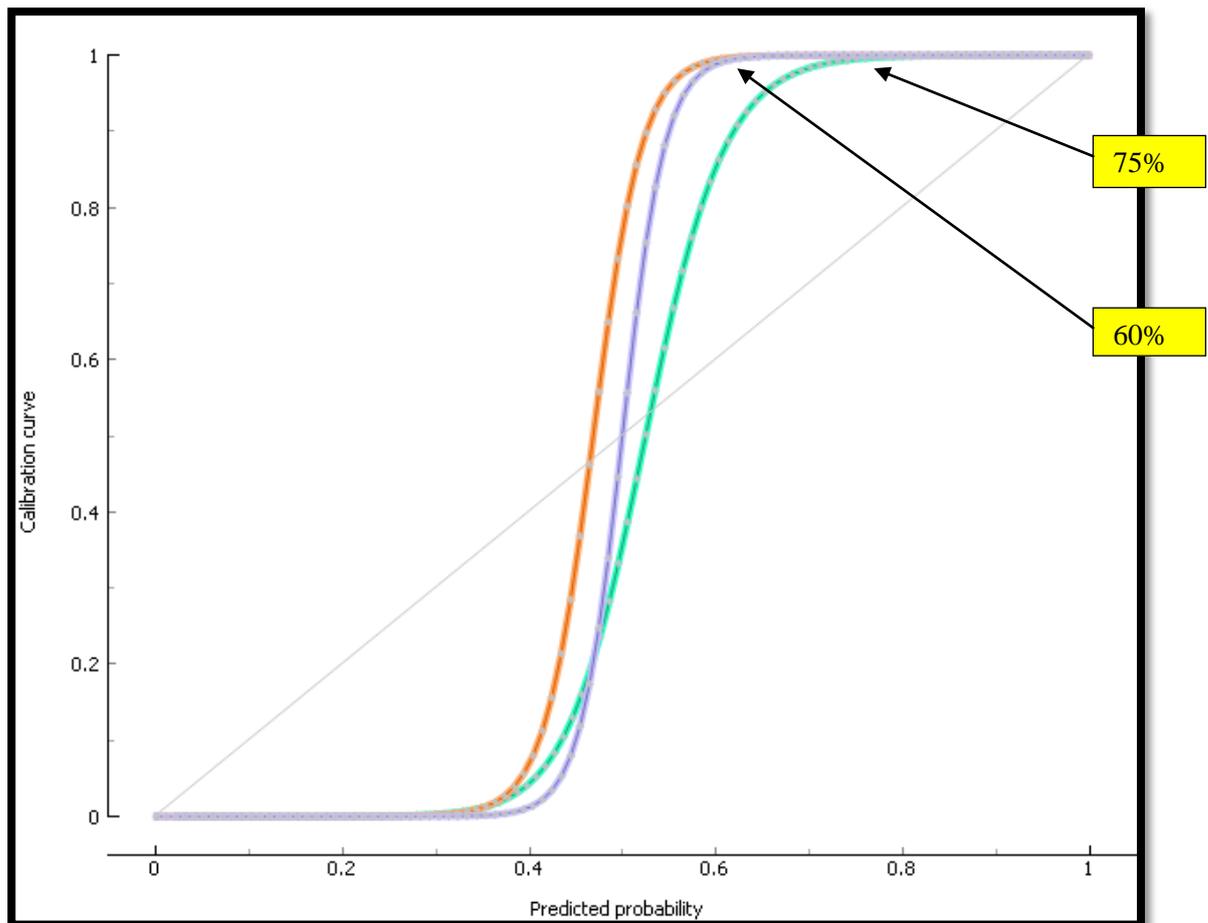
**Figura 31–Silhouette Plot dos algoritmos utilizados no estudo.**

Verifique que todos os gráficos da Figura 31, são idênticos. A Figura 31A representa o algoritmo SVM, a Figura 31B representa o algoritmo *Logistic Regression* e a Figura 31C representa o algoritmo *Neural Network*.

A última análise neste passo é a saída do Gráfico de Calibração (*Calibration Plot*). Verifique os gráficos nas imagens da Figura 32 a Figura 37. Representados pelas cores:

- Algoritmo SVM, **linha verde**;
- Algoritmo *Logistic Regression*, **linha laranja**;
- Algoritmo *Neural Network*, **linha roxa**.

Segundo (FARRAHI et al., 2019), a calibração é a comparação da saída real com a saída pretendida contribuída por um sistema. Portanto, a calibração tende a melhorar o modelo de maneira que a distribuição e o desempenho da probabilidade presumida sejam análogos à distribuição e ao desempenho da probabilidade examinada nos dados de treinamento. Nesse trabalho, foi utilizado o método Sigmoide, calculado pela equação:  $\sigma(X) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ , gerando um gráfico em forma de S. Esse tipo de gráfico tem a função de binarizar o resultado, ou seja, um intervalo fechado de 0 e 1.



**Figura 32– Curva de calibração dos algoritmos utilizados no estudo.**

Com esse gráfico, pode-se comparar o desempenho de cada algoritmo, em que o SVM alcança uma calibração dos resultados somente com o uso de pelo menos 75% dos dados utilizados pela probabilidade prevista, enquanto o *Logistic Regression* e a *Neural Network* alcançam a mesma marca com 60%. Portanto esses últimos são mais ajustados aos resultados de predição.

As próximas cinco figuras 33, 34, 35, 36 e 37 representam respectivamente as métricas: classificação de acurácia; a sensibilidade e especificidade; a precisão; valor preditivo negativo e positivo; taxa de verdadeiro positivo e falso positivo. Como foi descrito no Capítulo 3.1.3 com a Tabela 3.

De acordo com o estudo de (VAICENAVICIUS et al., 2020), os gráficos a seguir podem ser interpretados por meio de sua área, ou seja, quanto maior a área da figura no gráfico, mais ajustado estará o algoritmo da predição.

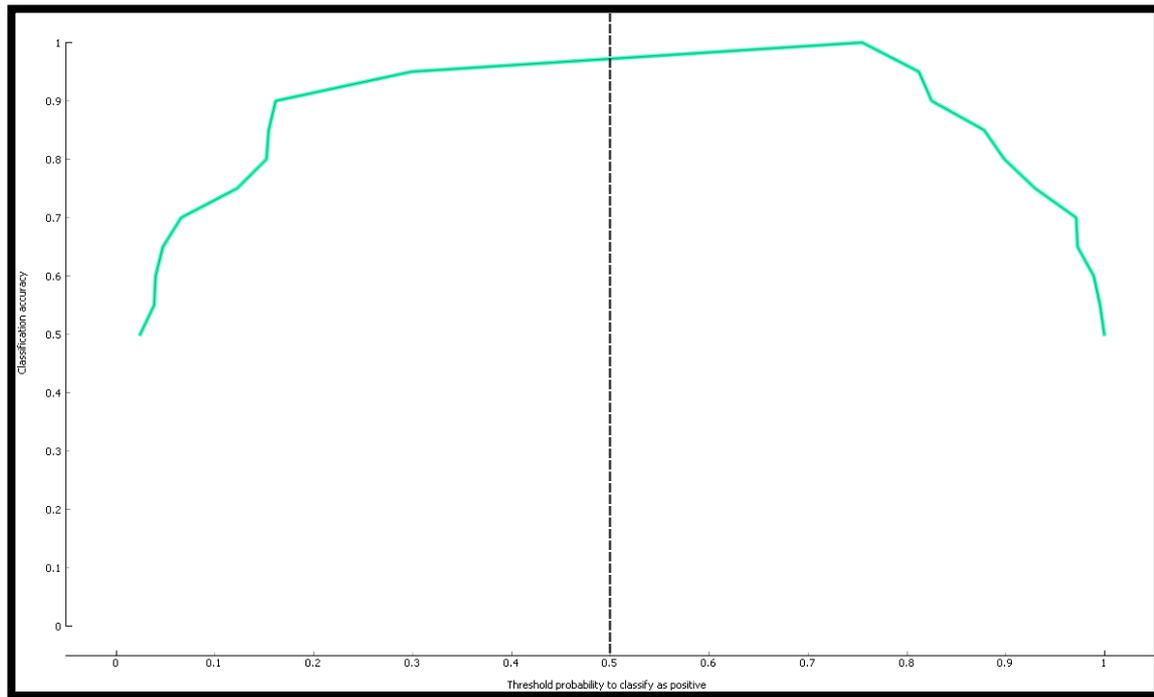


Figura 33A  
– SVM

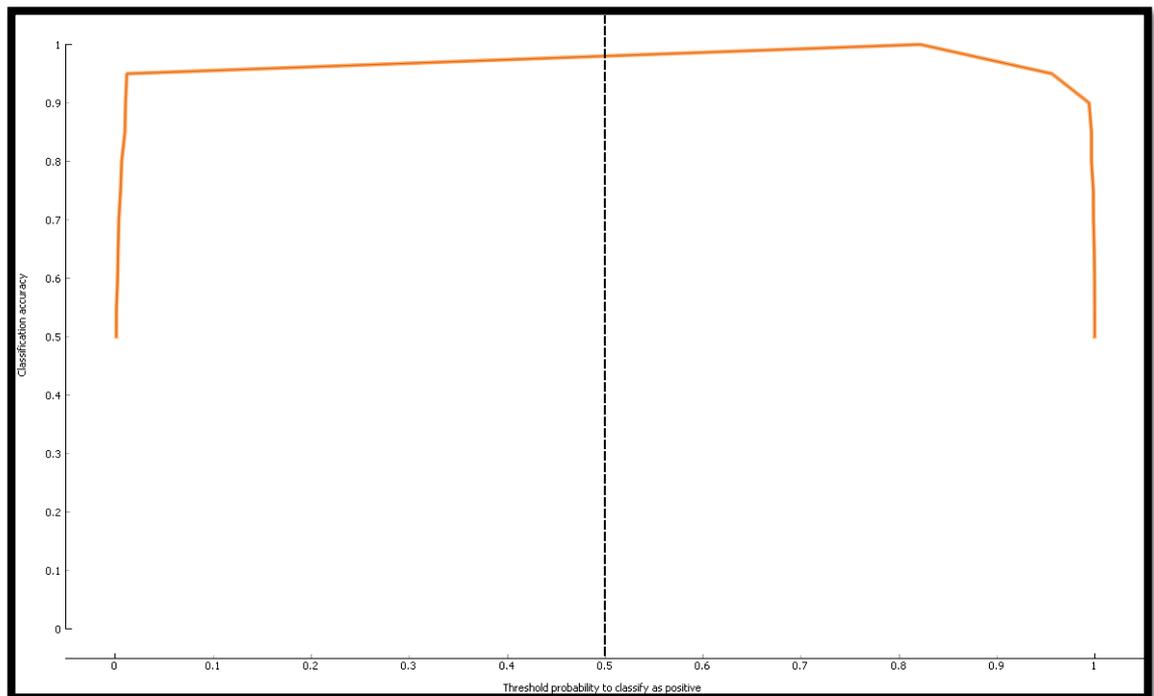


Figura 33B  
– Logistic  
Regression

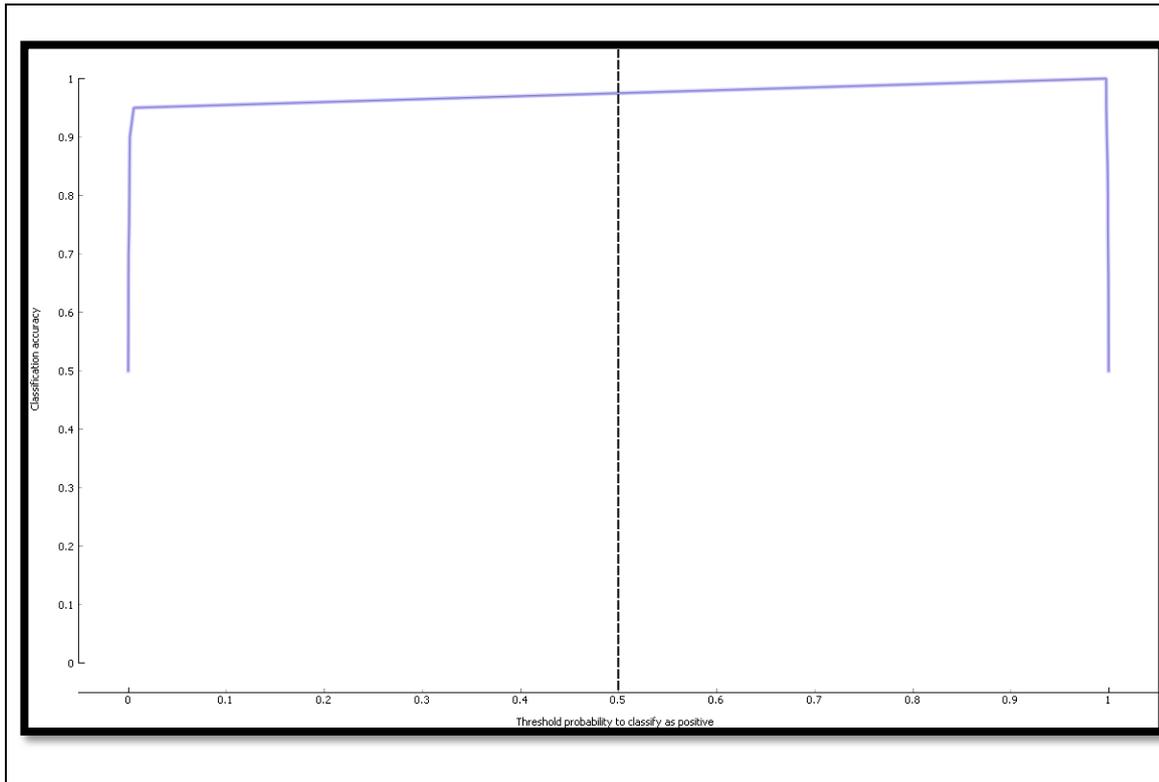


Figura 33C  
– Neural  
Network

Figura 33– Classificação de acurácia dos algoritmos utilizados no estudo.

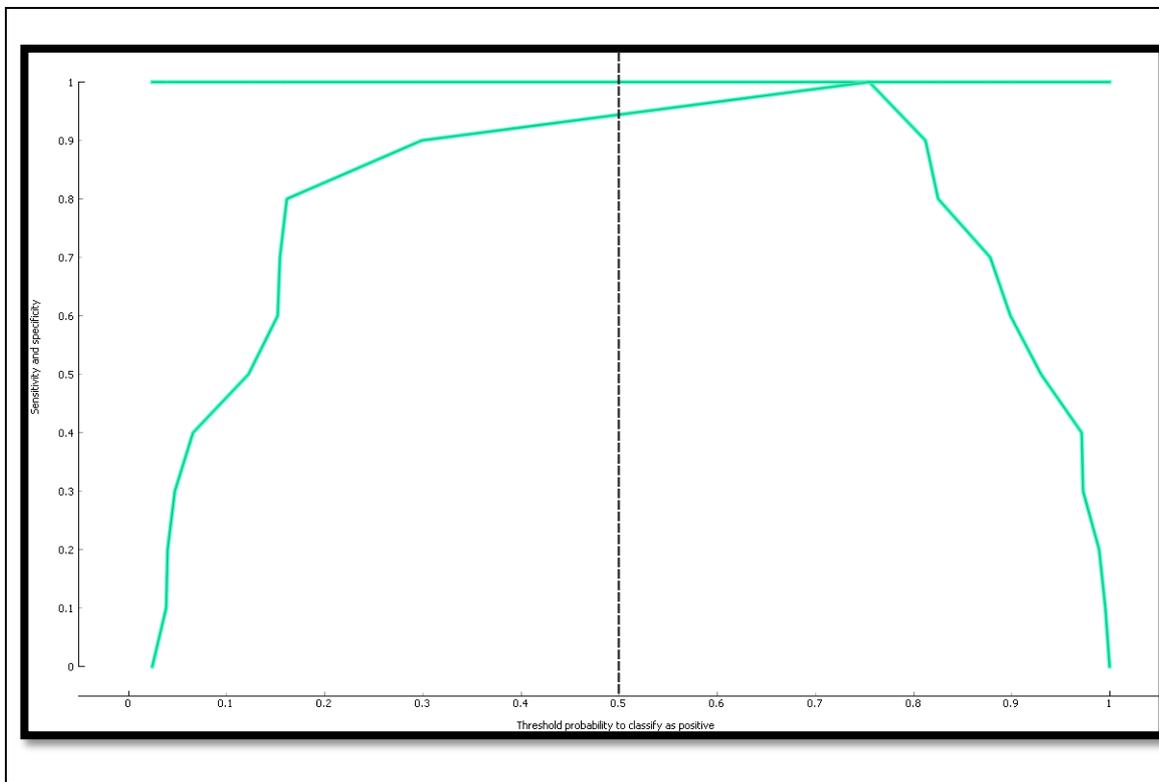


Figura 34A  
– SVM

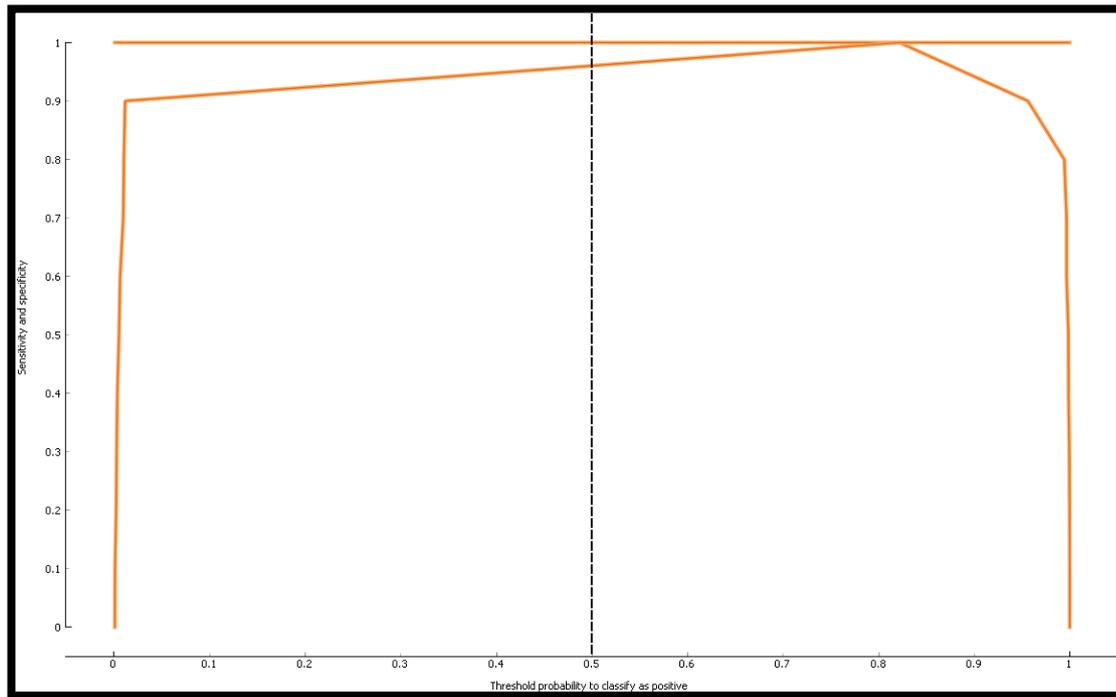


Figura 34B  
– *Logistic  
Regression*

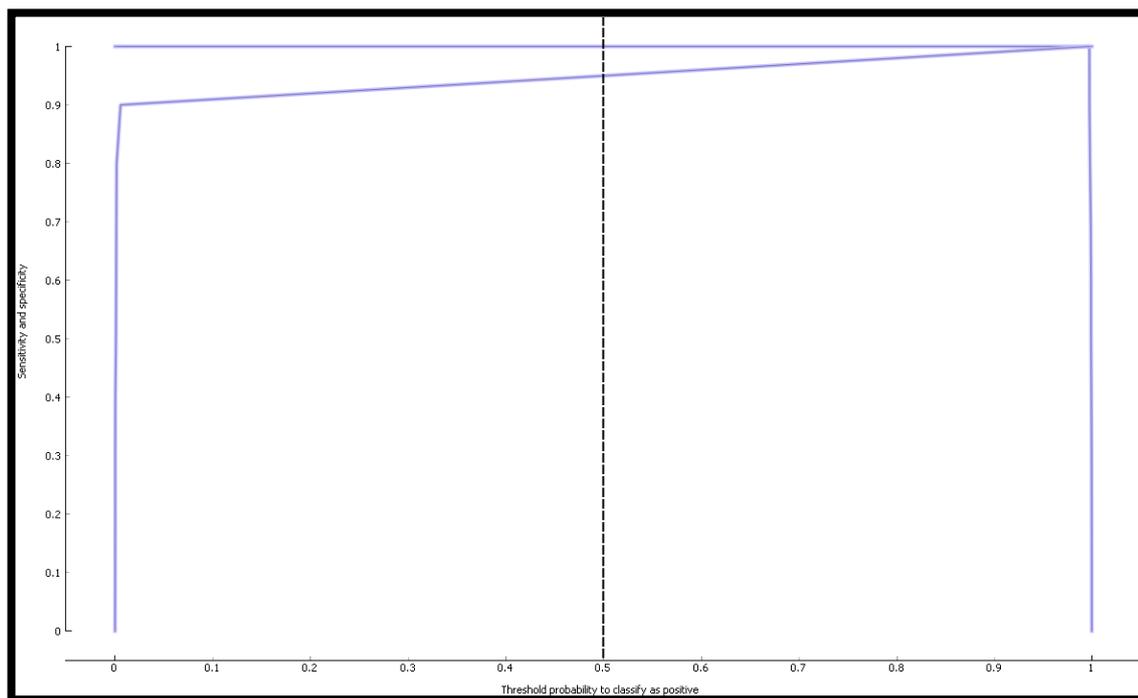


Figura 34C  
– *Neural  
Network*

Figura 34– Sensibilidade e especificidade dos algoritmos utilizados no estudo.

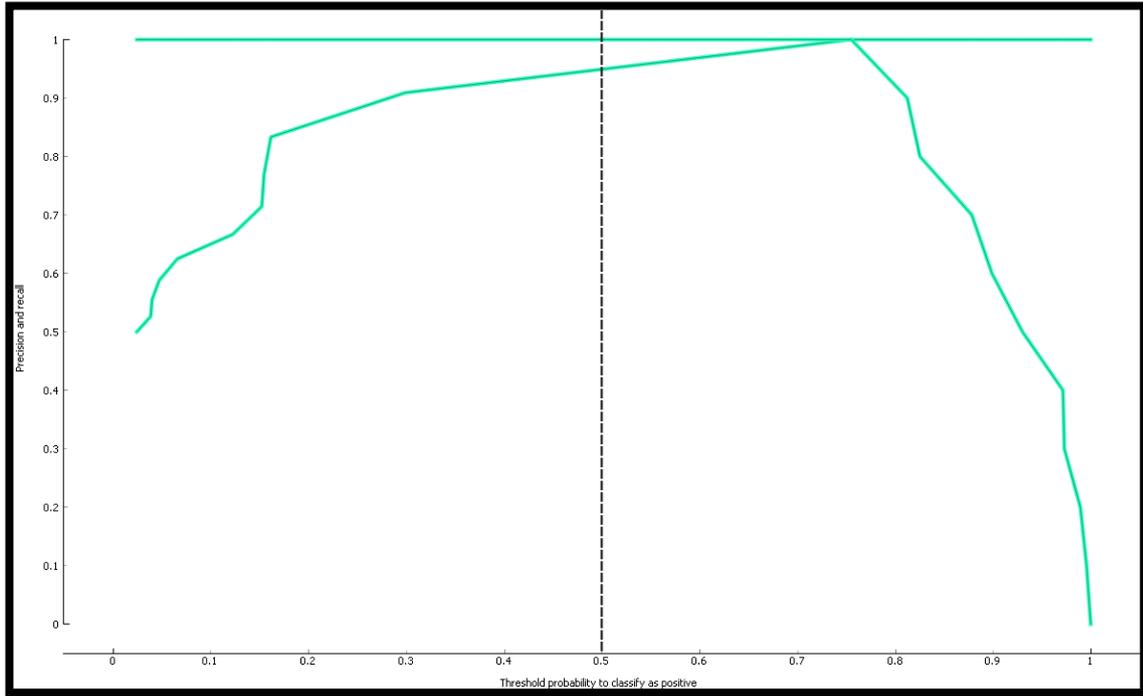


Figura 35A  
– SVM

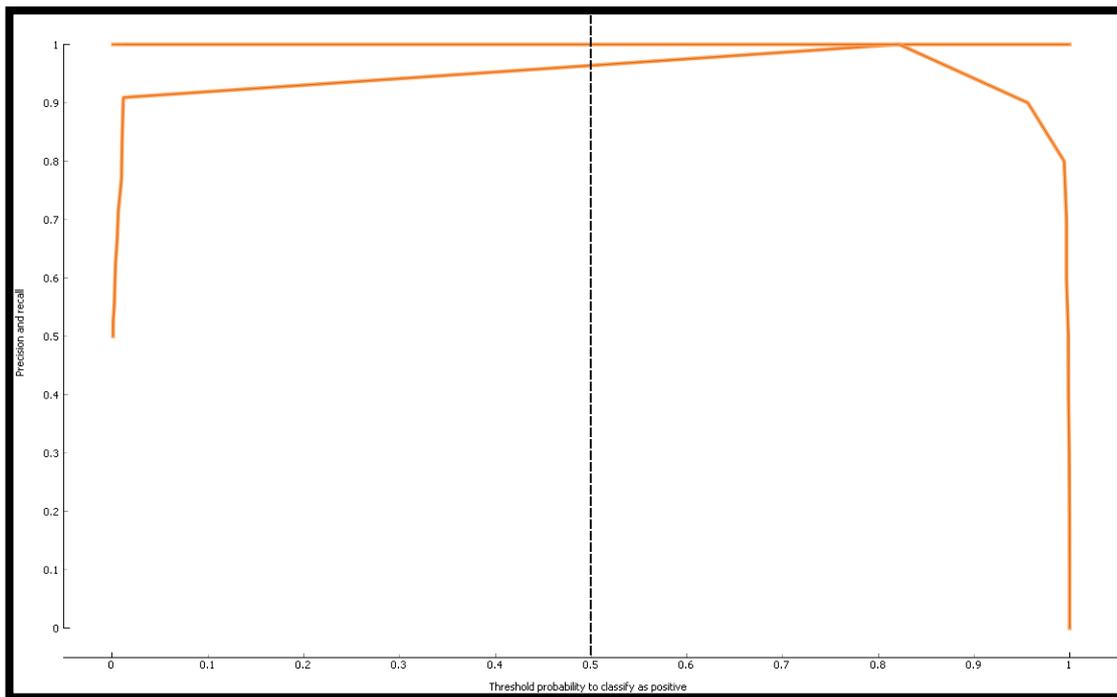


Figura 35B  
– Logistic  
Regression

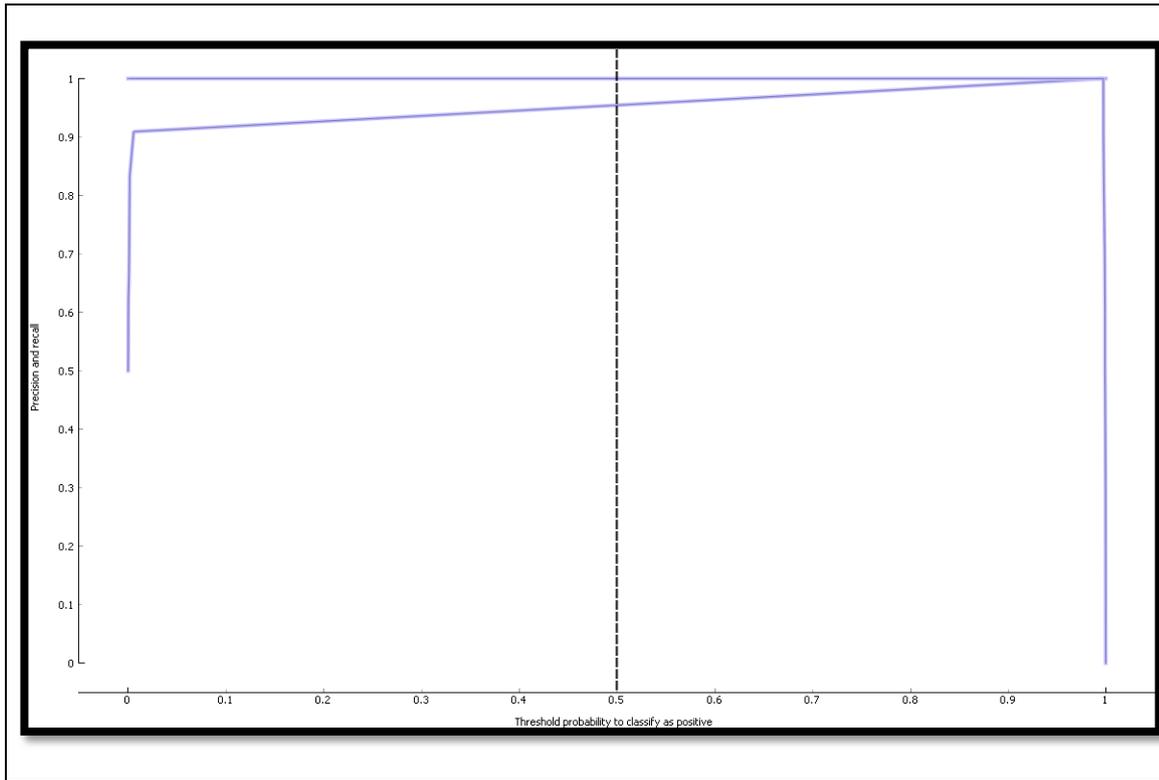


Figura 35C  
– Neural  
Network

Figura 35– Precisão dos algoritmos utilizados no estudo.

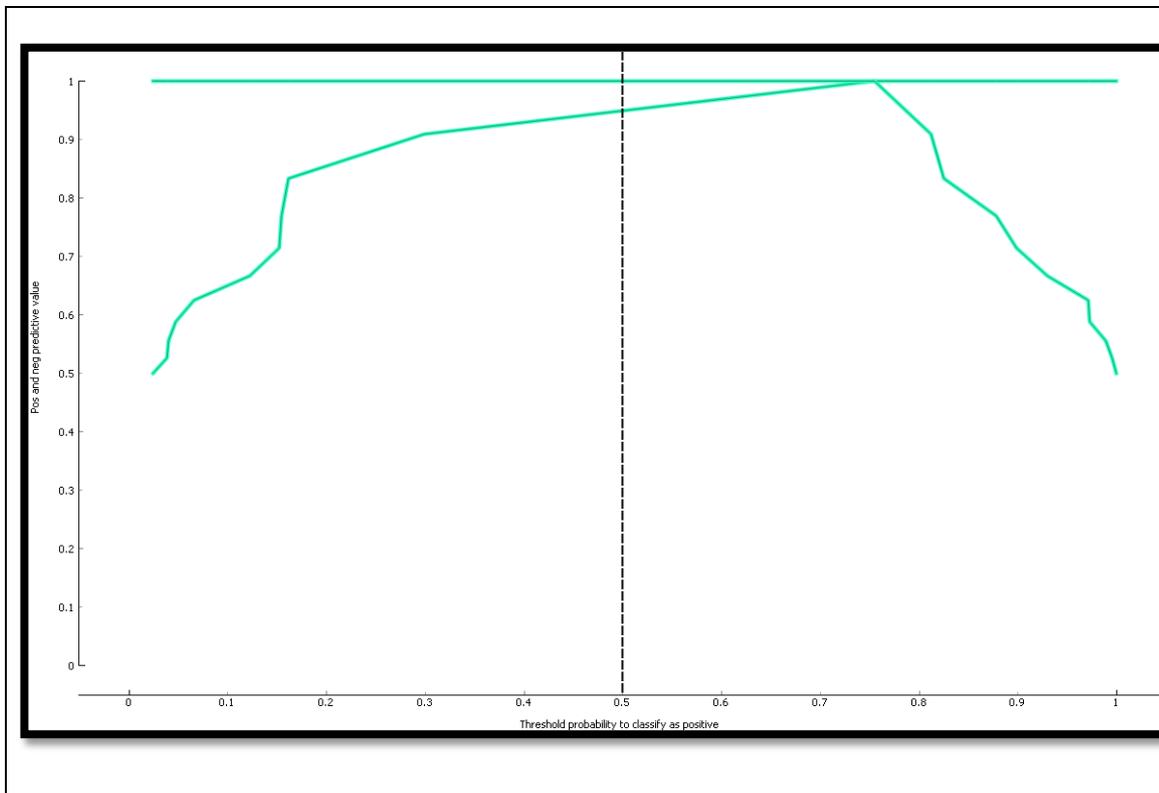


Figura 36A  
– SVM

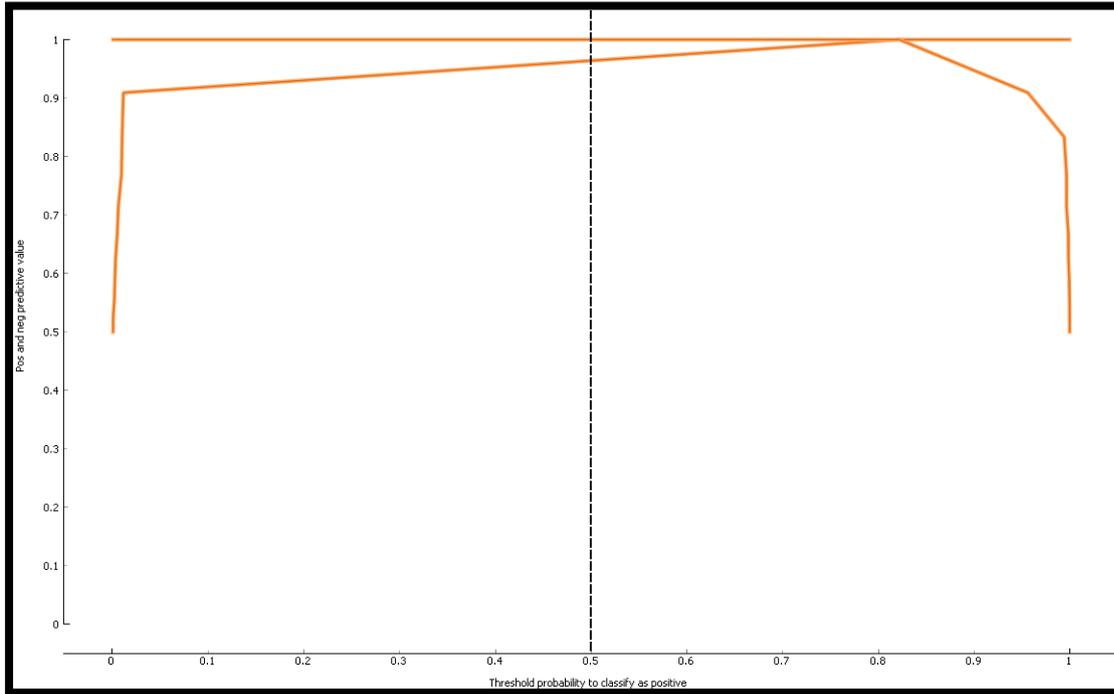


Figura 36B  
– Logistic  
Regression

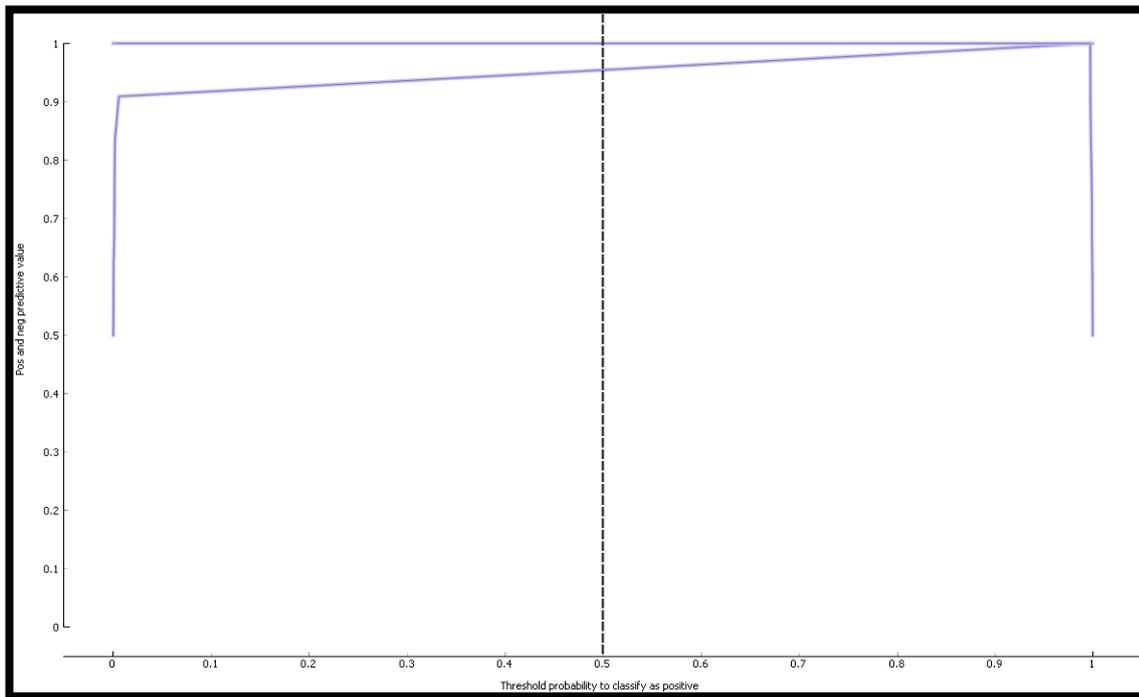


Figura 36C  
– Neural  
Network

Figura 36– Valor preditivo negativo e positivo dos algoritmos utilizado no estudo.

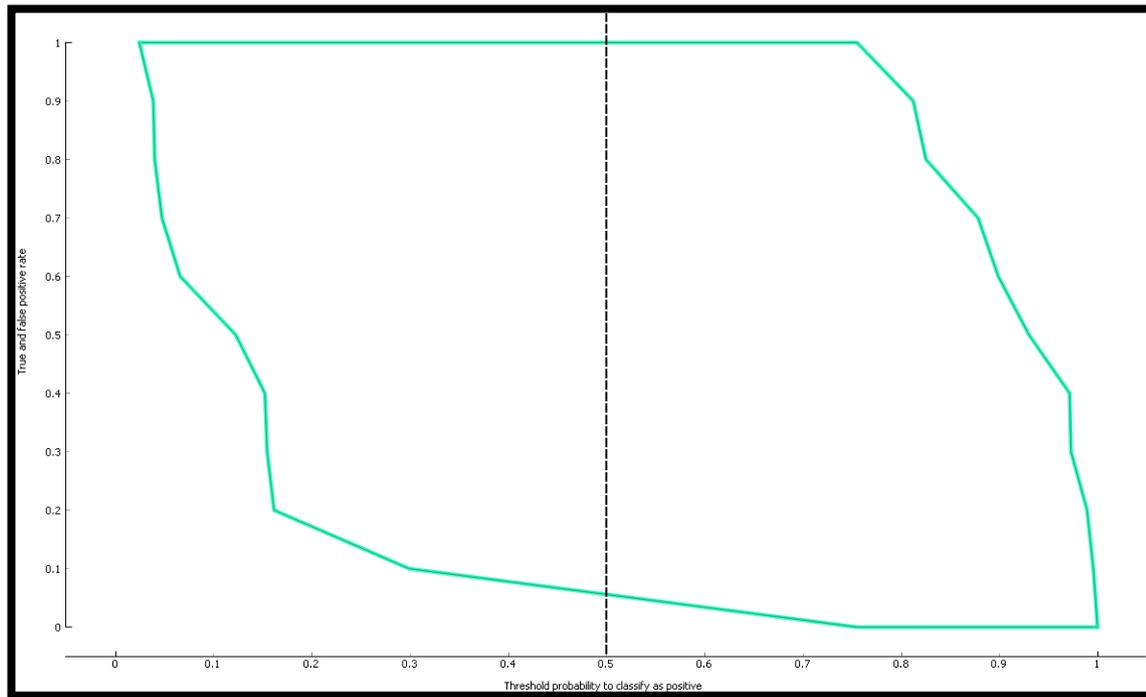


Figura 37A  
– SVM

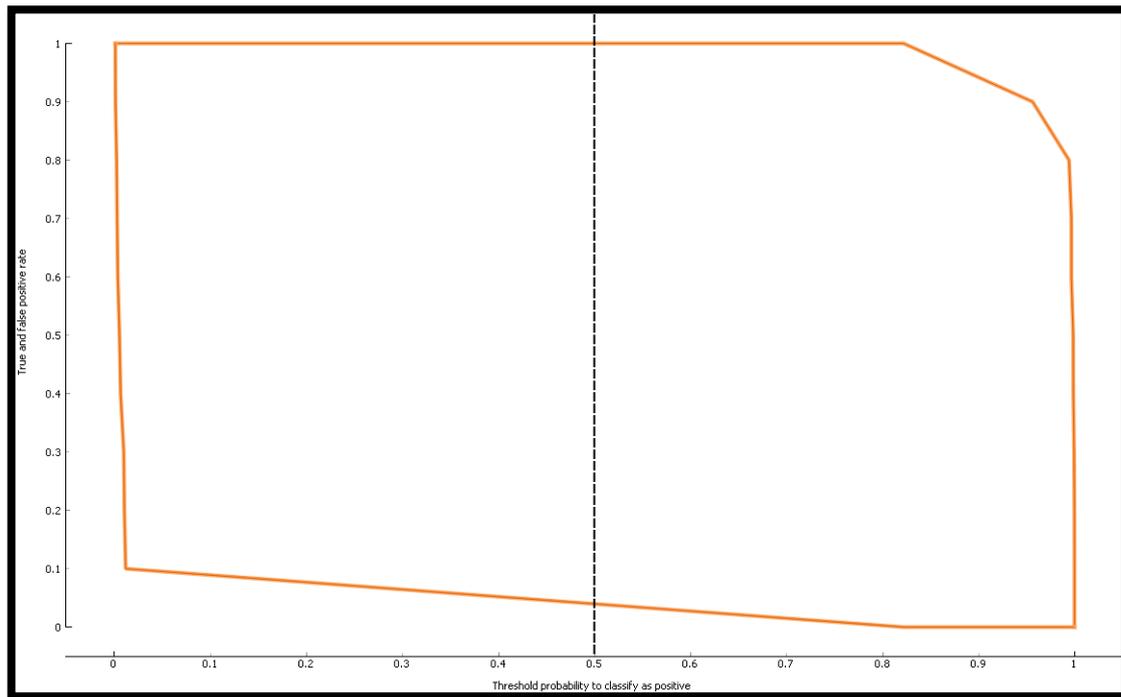


Figura 37B  
– Logistic  
Regression

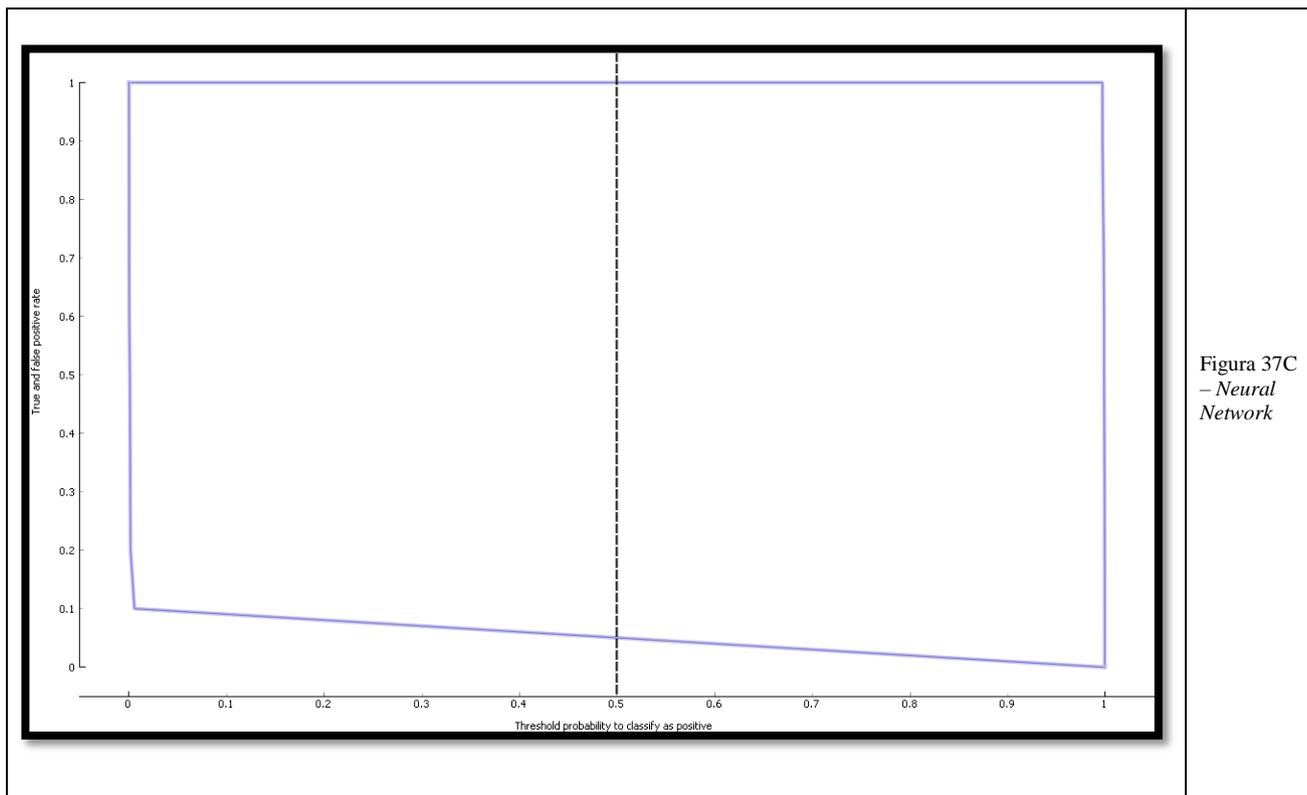


Figura 37C  
– *Neural Network*

**Figura 37– Taxa de verdadeiro positivo e falso positivo dos algoritmos utilizados no estudo**

Em todos os gráficos das Figuras 33 a 37, o algoritmo *Neural Network* obteve maior área, sendo assim o mais indicado para o estudo.

#### 4.5 – Considerações Finais

Neste capítulo, foi descrito o experimento estudo de caso não-clínico, seguindo a metodologia do capítulo 3 explicando o funcionamento dos softwares, a maneira como deve ocorrer a experiência com o voluntário e também como identificar o algoritmo de predição de aprendizagem supervisionado mais indicado para objetivo proposto e para o resultado apontam o algoritmo *Neural Network*.

No próximo capítulo, serão analisados os resultados obtidos pelo teste de averiguação do processamento holístico, por meio de tabelas e gráficos. Em seguida, por meio do algoritmo de aprendizagem não supervisionado composto por RNA, têm-se os resultados das predições em tabelas e gráficos de visualização.

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 – Dados Métricos Coletados pelo Experimento

Neste capítulo, serão apresentados os valores coletados e o significado de cada métrica. Na tabela 04, encontram-se os dados coletados de apenas um voluntário, onde cada slide é representado individualmente nas colunas.

Para iniciar a análise, observe que na 13ª linha aparece o tempo real que cada slide ficou na tela do monitor. O desempenho do software e da câmera foi ideal, pois como é verificado nas linhas 14ª e 16ª. A perda de dados foi zero.

Na 1ª linha, está a quantidade de fixações registradas na tela do monitor estudado, portanto, valores convalidados na experiência. Em contra ponto, nas 15ª e 17ª linhas, é divulgado respectivamente a quantidade e porcentagem das fixações registradas fora do espaço do monitor. Assim considera-se que a experiência teve um resultado satisfatório, pois a média de fixações fora da tela foi de 10,23%.

Na 2ª linha, encontra-se a quantidade de fixações por segundo, com uma média geral de **3.912 Fix/seg**. Na 3ª linha, é possível verificar um tempo médio de fixação em cada slide, o valor de tempo médio de fixação geral é de **93,9035 ms**.

Um dado interessante é o da 5ª linha, pois esses números indicam que a quantidade de sacadas é muito maior que a quantidade de fixações durante o experimento, a média geral desta razão é **365,3472**. Observe que a distância entre as fixações (8ª linha) e a distância entre as sacadas (6ª linha) é praticamente 40 vezes maior. As médias respectivas são de 3694,447 pixels e 92,036 pixels.

A velocidade no caminho é representada graficamente nas Figuras 31, 32 e 33 e também na 9ª linha da tabela 04, demonstra desempenho satisfatório com uma média de **337,743 px/s**.

Tabela 4– Dados coletados da experiência de apenas um voluntário

	Métrica	Slide 01	Slide 02	Slide 03	Slide 04	Slide 05	Slide 06	Slide 07	Slide 08	Slide 09	Slide 10
1 <sup>a</sup>	Nº de Fixações	54	46	42	38	42	46	34	36	37	50
2 <sup>a</sup>	Fixação (Quant/seg)	3,595206	3,066667	4,197482	3,79886	4,183267	4,606449	3,397622	3,591739	3,692246	4,990518
3 <sup>a</sup>	Permanência Média da Fixação (ms)	87,870370	86,760869	104,285714	105,789473	67,476190	97,630435	91,852941	125,111111	93,378378	78,88
4 <sup>a</sup>	Permanência da Fixação Mediana (ms)	34	35	66	35,5	34	34	49	34,5	35	35
5 <sup>a</sup>	Razão Sacadas/Fixação	315,912117	266,066667	437,737357	401,879436	282,270916	449,729621	312,081543	449,366457	344,775970	393,652061
6 <sup>a</sup>	Comprimento Médio da Sacada (px)	83,08846	111,2592	55,41365	60,48929	66,79791	93,00375	247,961	90,41327	56,29742	55,63848
7 <sup>a</sup>	Velocidade Média da Sacada (px/s)	0,829989	0,7520843	1,10379	1,175913	0,9620737	1,634535	5,059345	0,8751433	0,7630798	0,9462553
8 <sup>a</sup>	Comprimento das Conexões de Fixação (px)	4403,688	5006,664	2271,959	2238,104	2738,714	4185,169	8182,714	3164,464	2026,707	2726,286
9 <sup>a</sup>	Velocidade do Caminho (px/s)	293,1883	333,7776	227,0597	223,7433	272,7803	419,1036	817,699	315,7203	202,246	272,1115
10 <sup>a</sup>	Tempo para a Primeira Fixação na AOI (ms)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11 <sup>a</sup>	Tempo para a Primeira Fixação na AOI 'Target' (ms)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12 <sup>a</sup>	Tempo para a Segunda Fixação na AOI 'Target' (ms)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
13 <sup>a</sup>	Tempo de Análise (ms)	15020	15000	10006	10003	10040	9986	10007	10023	10021	10019
14 <sup>a</sup>	Perda de Dados (quantidade)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 <sup>a</sup>	Amostras de Fixações fora do monitor (quantidade)	36	27	19	16	28	20	21	16	62	0
16 <sup>a</sup>	Perda de Dados (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 <sup>a</sup>	Amostras de Fixações fora do monitor (%)	3,938731	2,957284	3,26765	2,08210	4,51637	3,20723	4,075534	2,79836	10,16393	0

Para encerrar a análise dessa tabela, se verifica as linhas 10<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> com uma média de 2 ms, 2 ms e 1 ms respectivamente para voluntário visualizar a AOI.

## 5.2 – Uso das Métricas para Identificar Indivíduos Autistas

Os dados coletados na tabela 04 foram adquiridos por meio de testes com o próprio pesquisador, no entanto, não foi possível realizar testes em outros indivíduos, pois este trabalho não foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em saúde dentro do prazo estipulado para a conclusão do curso de pós-graduação em nível de mestrado, tempo esse de 24 meses prorrogados por mais 6 meses. Outra barreira no processo de testes em seres humanos foi à pandemia da COVID-19, iniciada no dia 11/03/2020, com essa pandemia todas as atividades escolares foram bloqueadas, no Distrito Federal. As atividades escolares só retornaram no dia 29/06/2020 por meio de aulas remotas on-line e até a finalização deste estudo a situação continuou da mesma forma, impossibilitando assim a realização dos testes.

Com todo esse enredo, a estratégia para finalizar este trabalho foi de comprovar que a metodologia fundamentada neste estudo é viável e coerente. Para comprovar, foi necessário utilizar dados de outros estudos correlatos. Entre elas: (DUAN et al., 2019), (JIANG; ZHAO, 2017), (CARETTE et al., 2019), (CARETTE et al., 2018), (YANEVA et al., 2018), (YANEVA et al., 2020), (CHONG et al., 2017), (FALCK-YTTER et al., 2013) e (THAPALIYA; JAYARATHNA; JAIME, 2019). Por esses estudos, foi possível criar uma planilha similar a tabela 04, com valores relacionados a indivíduos com TEA e TC, sendo assim possível completar o experimento.

Utilizou-se o *software Orange* para minerar os dados da planilha em formato CSV. Esta planilha contém os dados de 10 indivíduos do grupo TEA e 10 indivíduos do grupo TC. A partir dessa planilha, foi criado um programa (Figura 24) com a capacidade de treinar o algoritmo e em seguida realizar a predição dos outros seis indivíduos, para assim comprovar a eficiência da ferramenta.

O resultado da mineração poderá ser verificado no capítulo 5.4.

### 5.3 – Representações Gráficas Coletadas pelo Experimento

Todos os gráficos das Figuras 38 a Figura 49, foram construídos por meio dos dados coletados durante o Passo 2, ou seja, as figuras foram criadas a partir dos dados coletados pela câmera RO em conjunto com o software OGAMA.

O mapa de calor pode ser verificado nas imagens representadas nas imagens Figura 38, Figura 39 e Figura 40. Esses mapas são uma representação estática, ajustada para a observação dos modelos de exploração visual. Nestas imagens, as áreas "quentes" (tom avermelhado) são os espaços que sinalizam maior intensidade, ou melhor, os locais onde o voluntário estabeleceu sua atenção com maior frequência, enquanto que as cores mais "frias" (tom azulado) simulam menor frequência.

Na Figura 38, é possível verificar que o maior interesse do voluntário foi de fato a região dos olhos, nariz e contorno da face. Todos os dados calculados podem ser verificados na Tabela – 4.

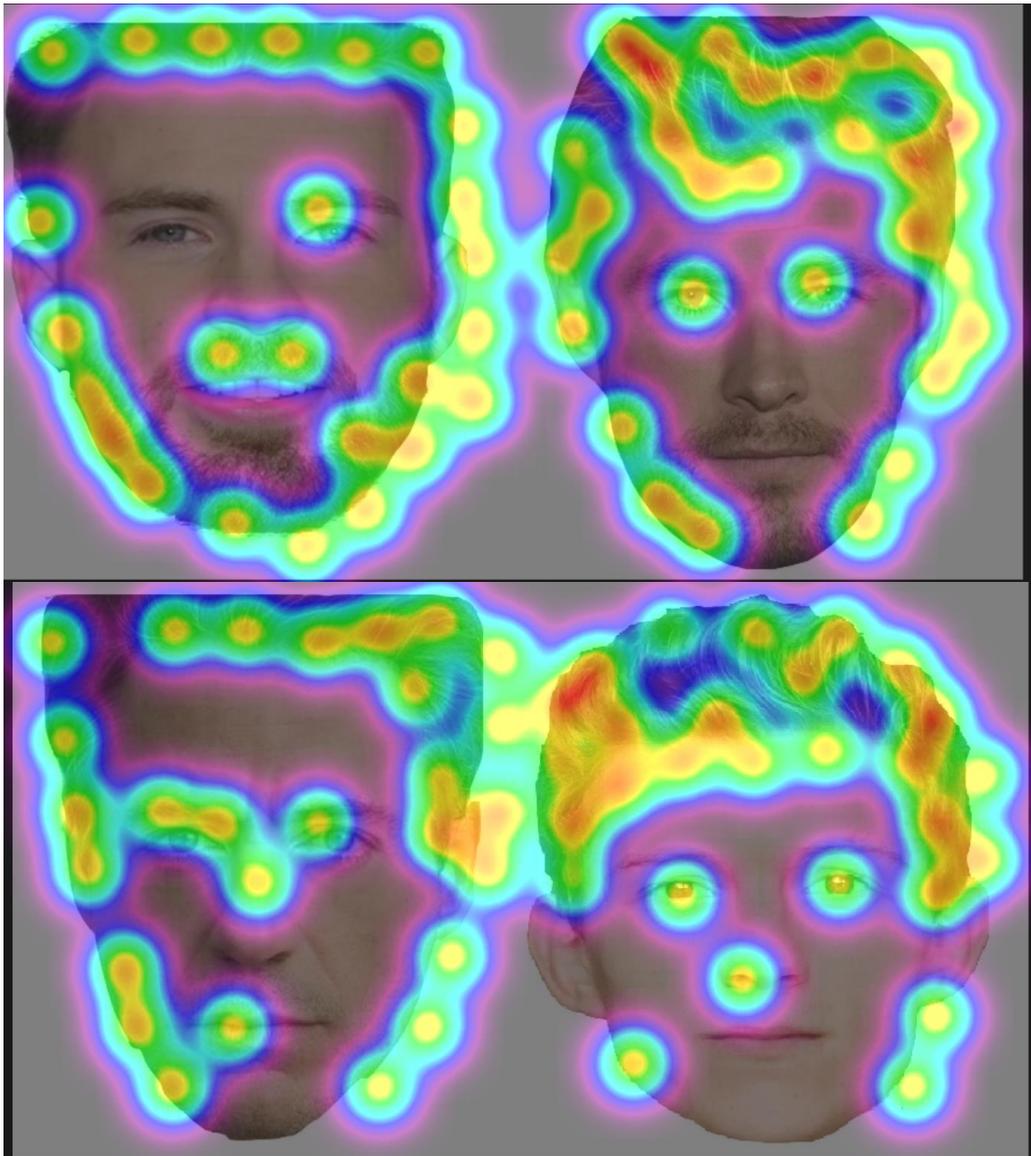


Figura 38 – Mapa de calor no procedimento de treinamento.

Note-se que todas as figuras utilizadas na fase experimental não estão alinhadas e centralizadas, pois se as figuras estivessem sempre na mesma posição, o voluntário ficaria com um olhar estático e não movimentaria a cabeça e os olhos proporcionando um trabalho com resultados fracos.

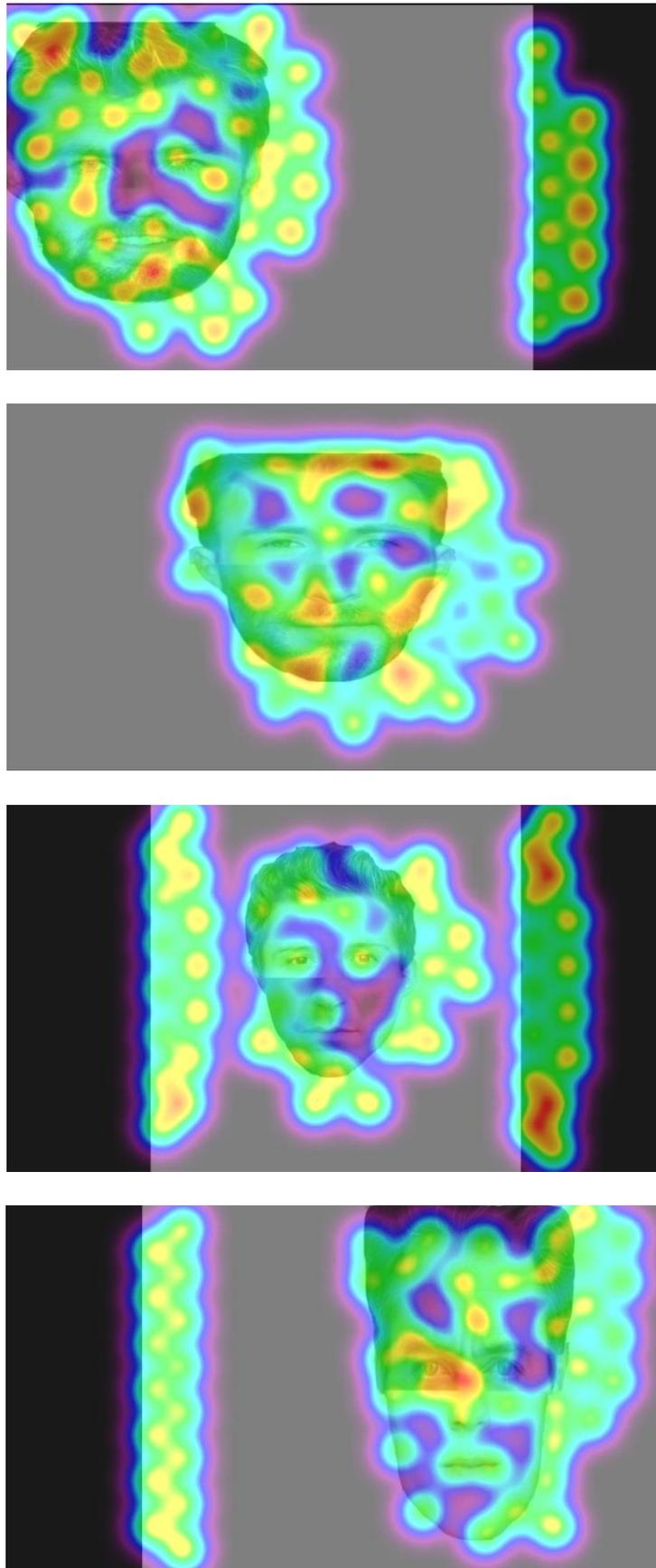


Figura 39 – Mapa de calor no procedimento experimental com fotos alinhadas.

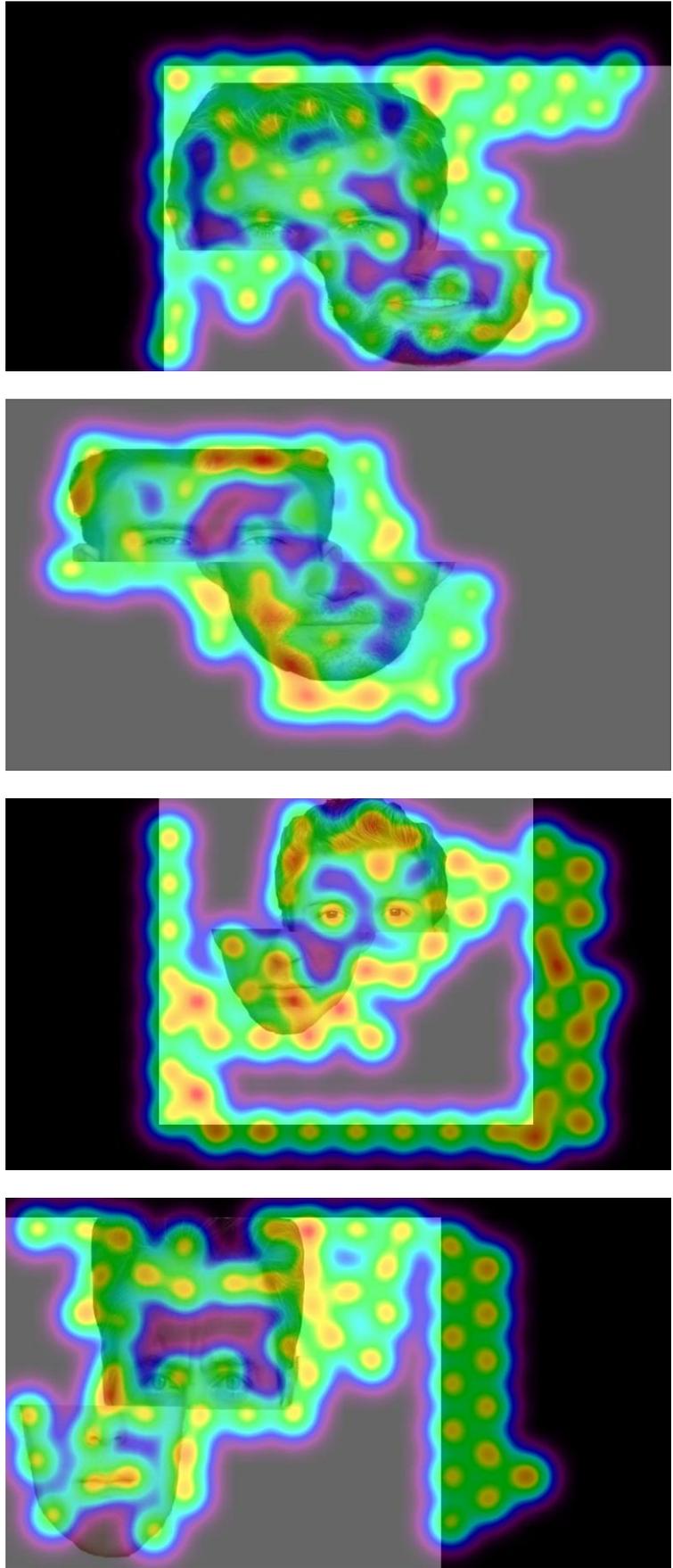


Figura 40 – Mapa de calor no procedimento experimental com fotos desalinhadas.

Nas imagens Figura 41, Figura 42 e Figura 43, é possível verificar a visualização em módulo de caminho de visualização das Fixações-Sacadas-Fixações. As figuras são interessantes para uma participação singular, apontando assim os locais onde o voluntário fixou a sua atenção em cada momento. O caminho é esquematizado com a configuração de uma linha, o qual indica os movimentos sacádicos. Os números nessas figuras indicam os momentos em que ocorreu cada fixação. Note a grande semelhança que existe entre a Figura 38 e Figura 41, pois ambas foram calculadas com o mesmo exercício.

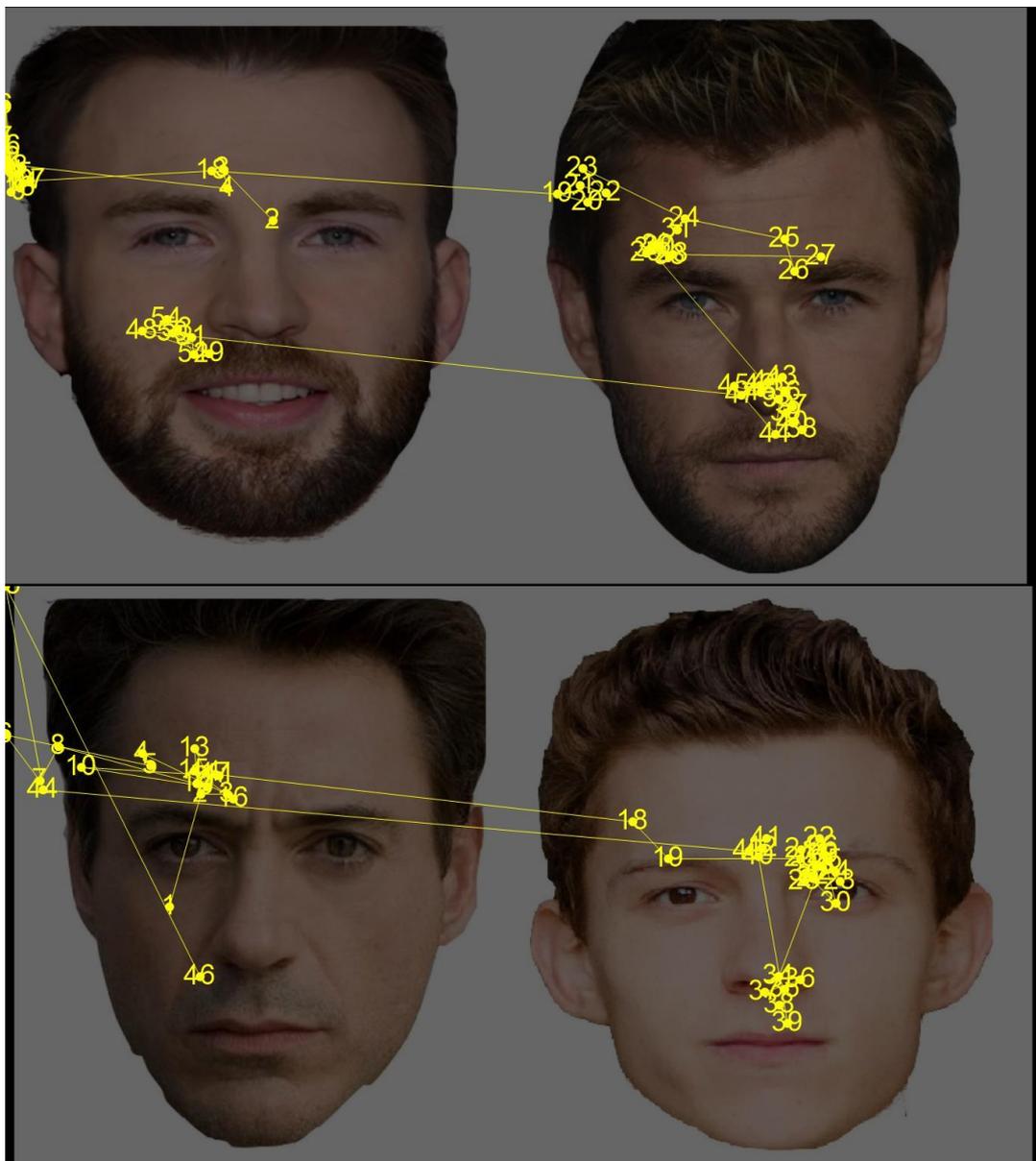


Figura 41 – Módulo de caminho de visualização das fixações-sacadas-fixações no procedimento de treinamento.

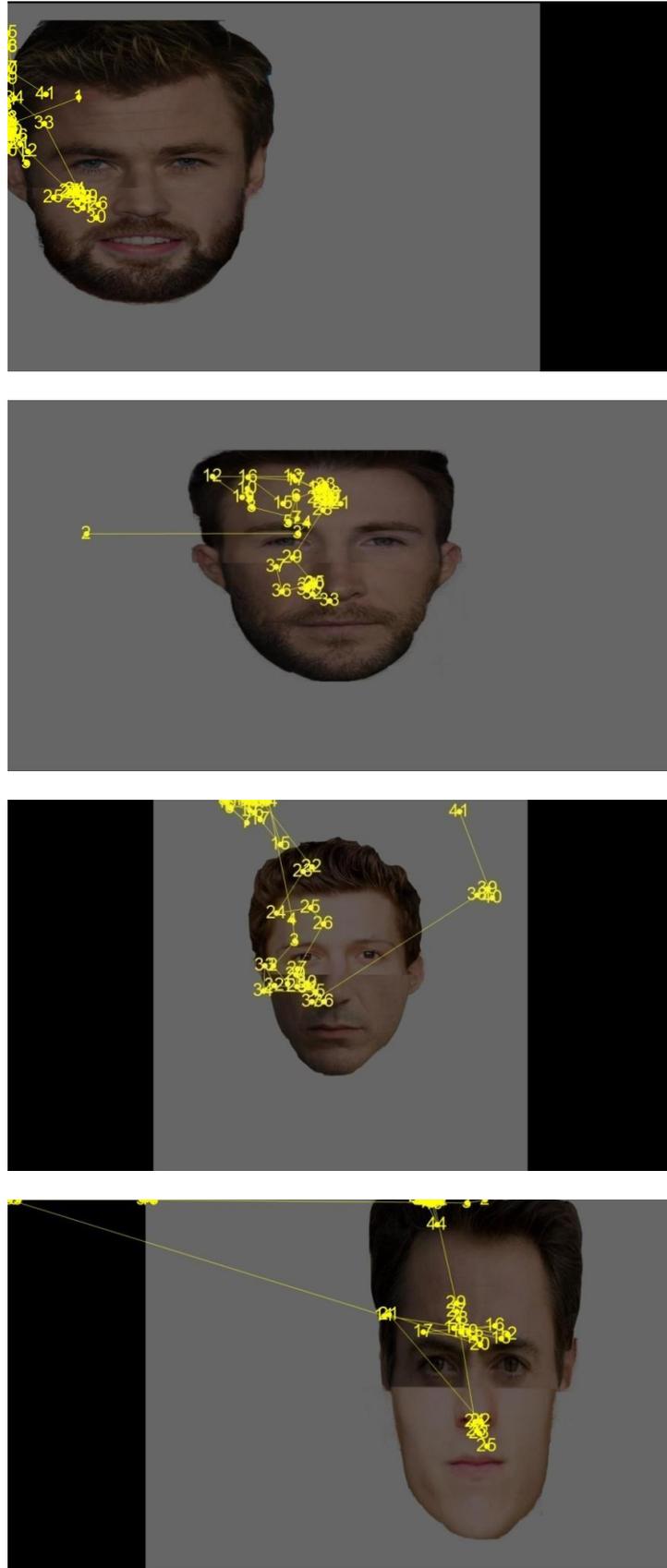


Figura 42 – Módulo de caminho de visualização das fixações-sacadas-fixações no procedimento experimental com fotos alinhadas.

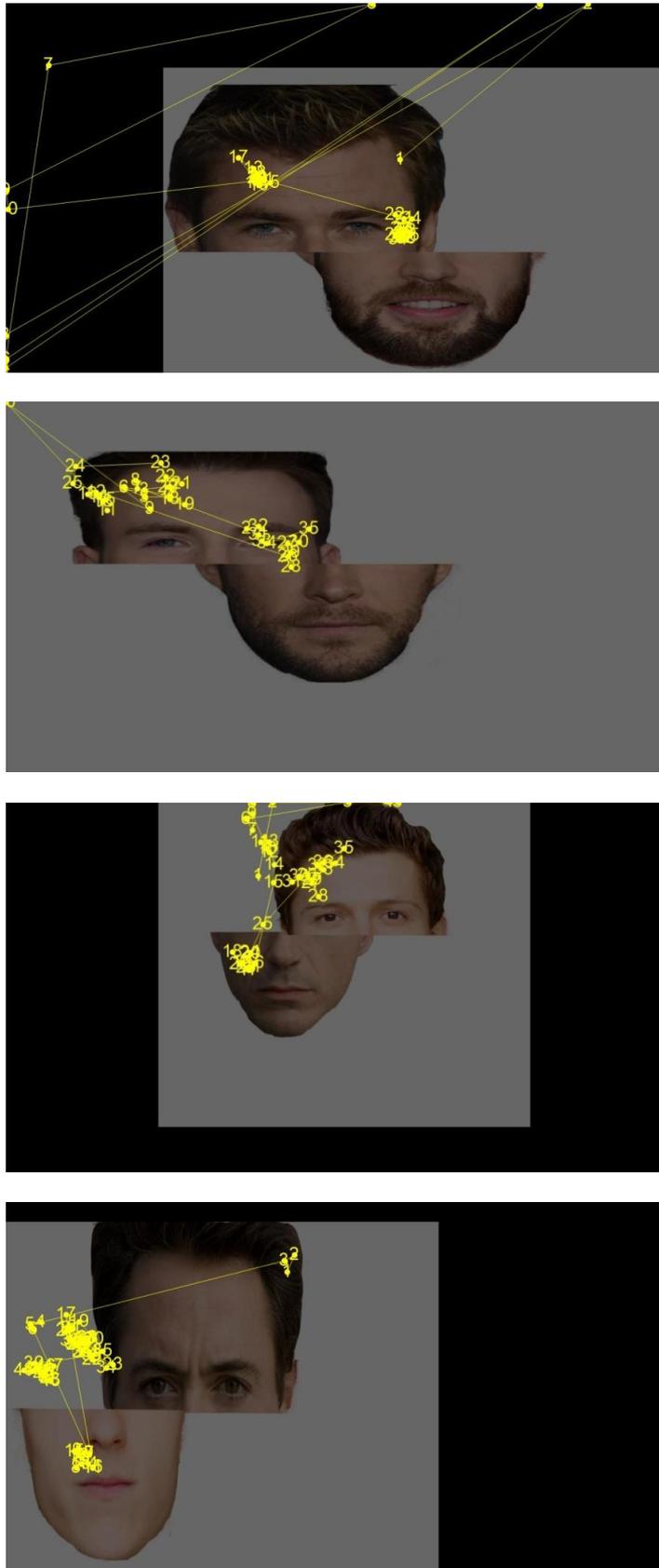


Figura 43 – Módulo de caminho de visualização das fixações-sacadas-fixações no procedimento experimental com fotos desalinhasadas.

As imagens: Figura 44, Figura 45 e Figura 46, representam a quantidade de fixações (escrito na cor verde) e o tempo (em porcentagem) das transições entre cada fixação na região de AOI (escrito na cor azul). As regiões de AOI nessas três figuras são esquematizadas pela planilha (desenhada na cor roxa) com cinco colunas e cinco linhas, assim cada um desses retângulos representa uma AOI. O slide da Figura 37 teve um período de 15 segundos enquanto os slides da Figura 38 e da Figura 39 teve um período de 10 segundos, como pode ser verificado na tabela – 4.

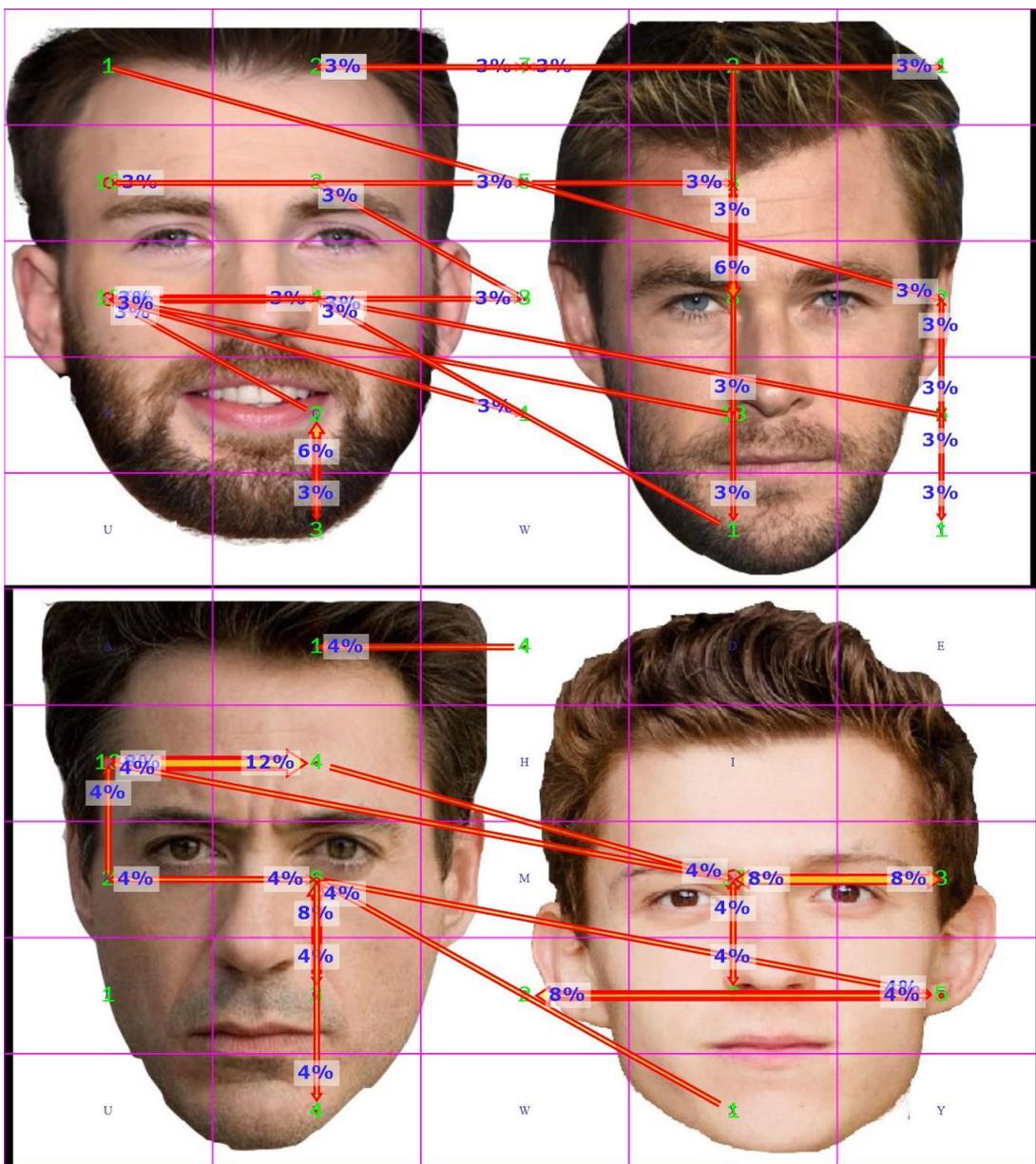


Figura 44 – Módulo AOI com número de fixações e transição relativa na fase de treinamento.

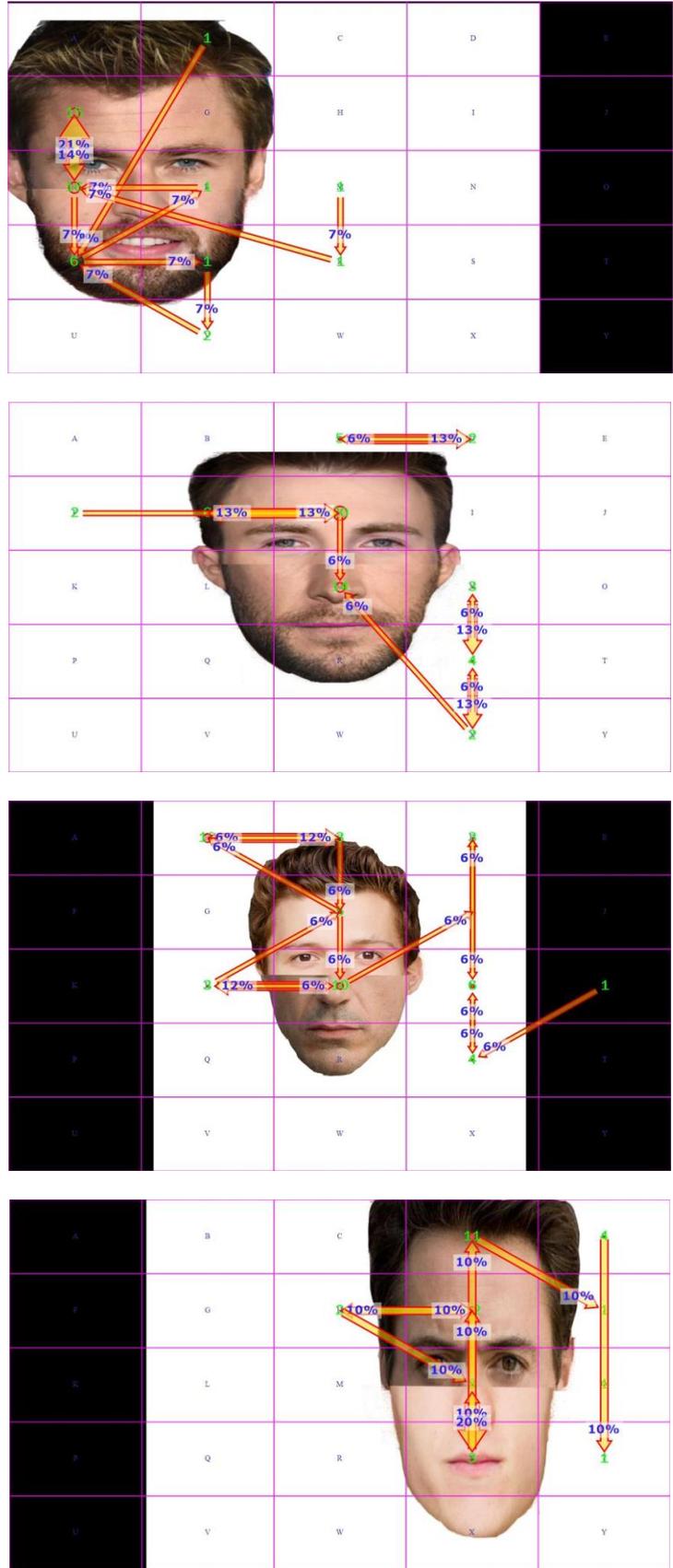


Figura 45 – Módulo AOI com número de fixações e transição relativa na fase experimental com fotos alinhadas.





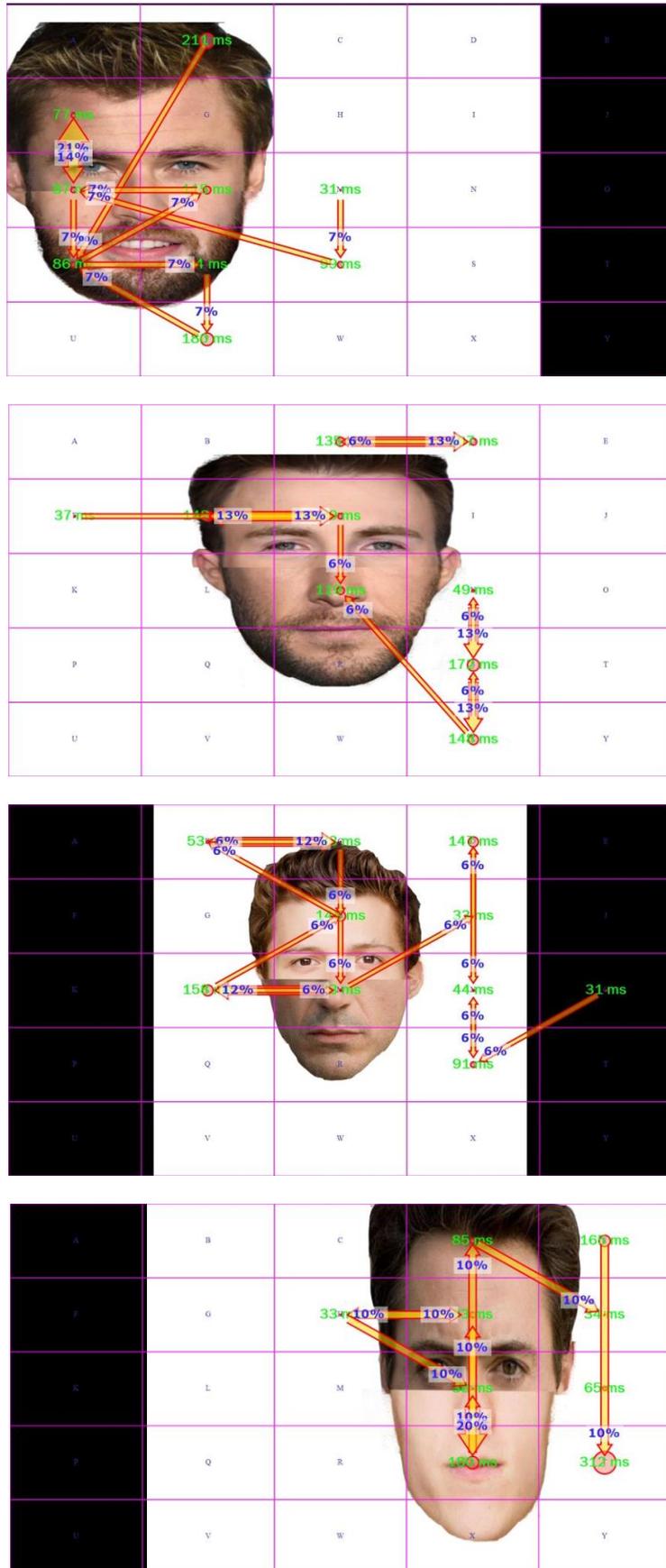


Figura 48 – Módulo AOI com tempo médio das fixações e transição relativa na fase experimental com fotos alinhadas.



## 5.4 – Análise e Resultado da Predição dos Dados Usando Sistema Não Supervisionado

Nesta secção, será realizada uma predição dos dados coletados, lembrando que não ocorreu estudo clínico com voluntários, conforme explicado no Capítulo 5.2. Para o treinamento da ferramenta, foram utilizados dados de com um total de 20 (vinte) indivíduos, sendo 10 (dez) do grupo TEA e 10 (dez) do grupo TC. Para a predição, foram inseridos mais 6 (seis) indivíduos, mas não foram informado para a ferramenta de qual grupo eles estão inseridos. Estes seis indivíduos foram 3 (três) do grupo TEA e 3 (três) do grupo TC. Veja o resultado na Figura 50.

	Neural Network	Logistic Regression	SVM	Tree
1	0.01 : 0.99 → típico	0.01 : 0.99 → típico	0.11 : 0.89 → típico	0.00 : 1.00 → típico
2	0.21 : 0.79 → típico	0.01 : 0.99 → típico	0.53 : 0.47 → autista	0.00 : 1.00 → típico
3	0.00 : 1.00 → típico			
4	0.99 : 0.01 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.86 : 0.14 → autista	1.00 : 0.00 → autista
5	1.00 : 0.00 → autista	0.99 : 0.01 → autista	1.00 : 0.00 → autista	1.00 : 0.00 → autista
6	0.90 : 0.10 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.56 : 0.44 → autista	0.00 : 1.00 → típico
7	0.01 : 0.99 → típico	0.01 : 0.99 → típico	0.11 : 0.89 → típico	0.00 : 1.00 → típico
8	0.00 : 1.00 → típico	0.01 : 0.99 → típico	0.03 : 0.97 → típico	0.00 : 1.00 → típico
9	0.00 : 1.00 → típico	0.00 : 1.00 → típico	0.07 : 0.93 → típico	0.00 : 1.00 → típico
10	0.01 : 0.99 → típico	0.00 : 1.00 → típico	0.30 : 0.70 → típico	0.00 : 1.00 → típico
11	0.00 : 1.00 → típico	0.00 : 1.00 → típico	0.05 : 0.95 → típico	0.00 : 1.00 → típico
12	0.00 : 1.00 → típico	0.00 : 1.00 → típico	0.05 : 0.95 → típico	0.00 : 1.00 → típico
13	0.01 : 0.99 → típico	0.00 : 1.00 → típico	0.14 : 0.86 → típico	0.00 : 1.00 → típico
14	0.01 : 0.99 → típico	0.01 : 0.99 → típico	0.14 : 0.86 → típico	0.00 : 1.00 → típico
15	0.01 : 0.99 → típico	0.01 : 0.99 → típico	0.14 : 0.86 → típico	0.00 : 1.00 → típico
16	0.00 : 1.00 → típico	0.01 : 0.99 → típico	0.05 : 0.95 → típico	0.00 : 1.00 → típico
17	1.00 : 0.00 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.89 : 0.11 → autista	1.00 : 0.00 → autista
18	0.99 : 0.01 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.81 : 0.19 → autista	1.00 : 0.00 → autista
19	1.00 : 0.00 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.91 : 0.09 → autista	1.00 : 0.00 → autista
20	1.00 : 0.00 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.99 : 0.01 → autista	1.00 : 0.00 → autista
21	1.00 : 0.00 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.96 : 0.04 → autista	1.00 : 0.00 → autista
22	1.00 : 0.00 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.93 : 0.07 → autista	1.00 : 0.00 → autista
23	1.00 : 0.00 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.99 : 0.01 → autista	1.00 : 0.00 → autista
24	0.99 : 0.01 → autista	0.97 : 0.03 → autista	0.86 : 0.14 → autista	1.00 : 0.00 → autista
25	0.99 : 0.01 → autista	1.00 : 0.00 → autista	0.86 : 0.14 → autista	1.00 : 0.00 → autista
26	1.00 : 0.00 → autista	0.98 : 0.02 → autista	0.91 : 0.09 → autista	1.00 : 0.00 → autista

Figura 50– Resultado da Predição dos algoritmos utilizados no estudo.

Com o resultado de todo esse processo, na Figura 50 e com todas as ponderações relatadas no Capítulo 4.4, o algoritmo indicado é a *Neural Network*. Portanto, todo o resultado do estudo será desenvolvido por esse algoritmo.

Para ratificar esse resultado, serão divulgados os gráficos e planilhas gerados por meio de seis saídas, são elas:

- *Scatter Plot* (Gráfico de dispersão);
- *Distributions Plot* (Gráfico de distribuição);
- *Silhouette Plot* (Gráfico de silhueta);
- *Box Plot* (Gráfico de caixa);
- *Distance Matrix* (Matriz de distância);
- *Heat Map* (Mapa de calor).

Na Figura 51, observe o gráfico de dispersão do resultado. O eixo das abscissas indica o tempo de fixação na região dos olhos das imagens utilizada no estudo, em milissegundos. O eixo das ordenadas indica a quantidade de fixações na região dos olhos das imagens. Os autistas são representados por bolas e os típicos por cruz.

A coloração desse gráfico representa o tempo médio das fixações. O amarelo indica maior tempo e azul indica menor tempo, como pode ser verificado na legenda no canto inferior direito da Figura 51. Assim pode se concluir que o tempo e a quantidade de fixações na região dos olhos das imagens de estímulo, indicam a condição do indivíduo típico ou autista.

Existe uma correlação positiva forte neste gráfico, basta acompanhar a linha de regressão linear, que possui Valor de R-quadrado = 0,97, ou seja, **precisão de 97%**.

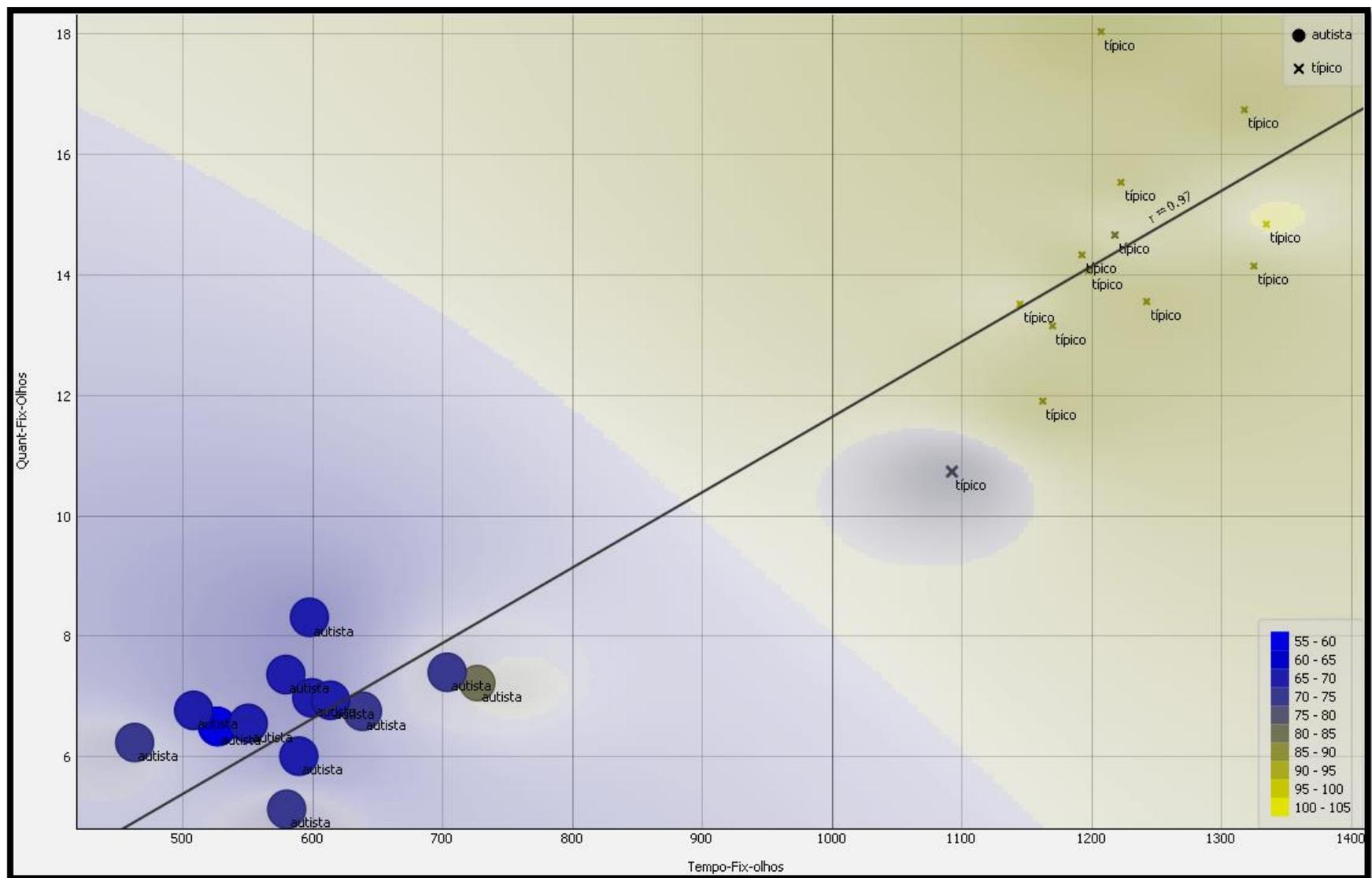
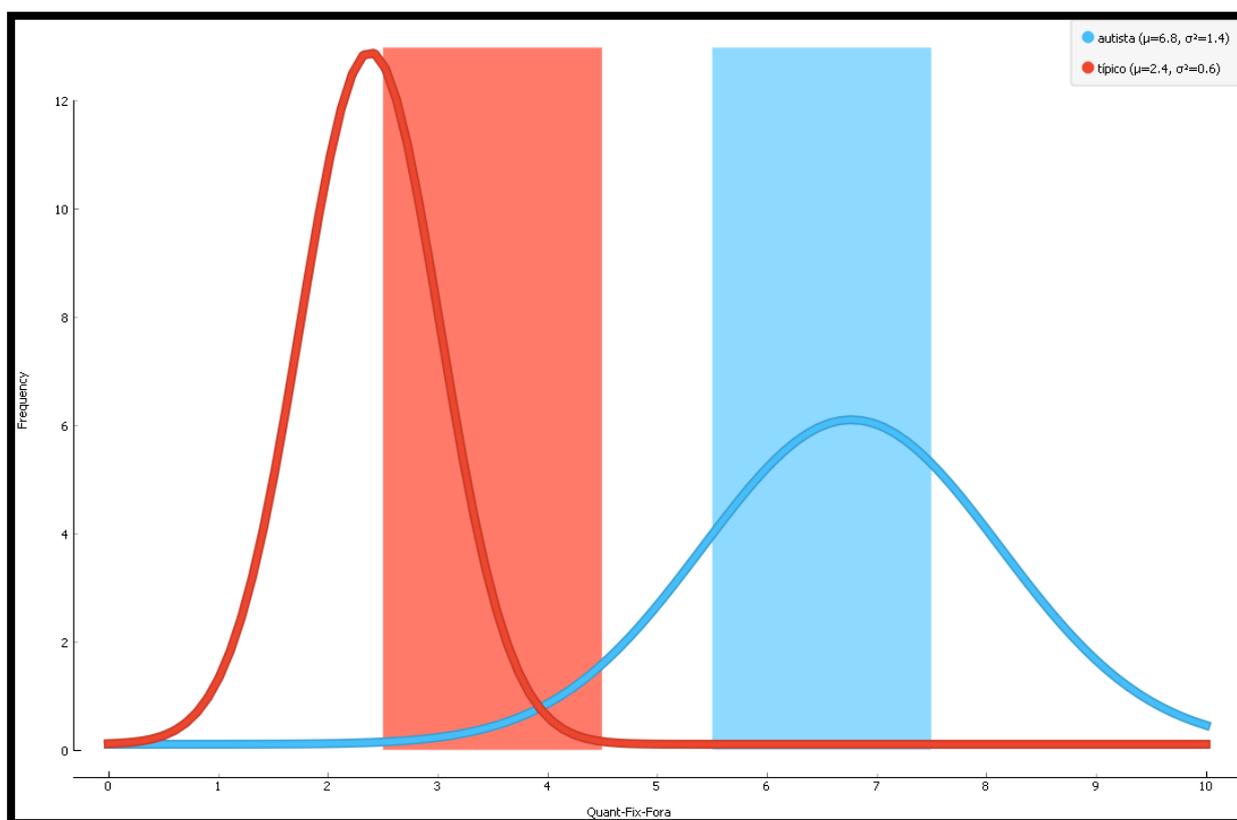


Figura 51- Gráfico de Dispersão do Resultado da Pesquisa.

Por meio do Gráfico de distribuição, pode-se ponderar à média e à variância de cada situação.



**Figura 52– Distribuição da quantidade de Fixações Fora da Tela**

Na Figura 52, verifica-se que a média do autista foi de 6,8 fixações com uma variância de 1,4, enquanto o indivíduo típico teve média de 2,4 fixações e variância de 0,6. Na Figura 53, observa-se que o tempo médio de fixações fora da tela do autista foi de 106,92 ms e variância de 30,44, enquanto o indivíduo típico teve média de 48,38 ms e variância de 3,07. Os números nos indicam que o autista tem tendências de olhar fora da tela, pois como as imagens são de faces humanas e segundo (VERNETTI et al., 2018) o autista tende a procurar imagens em formato geométrico além de olhar diretamente para a câmera, o que pode ser um padrão para identificar o transtorno.

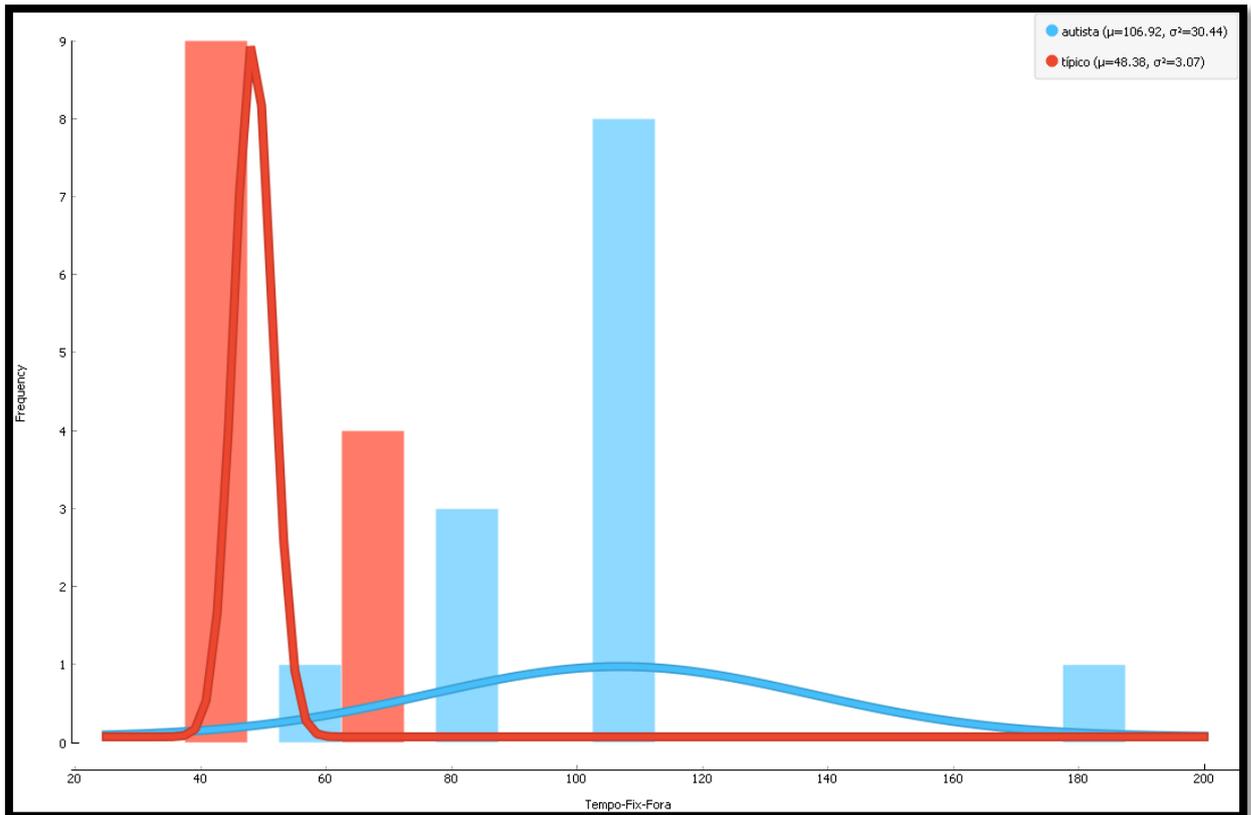


Figura 53– Distribuição do Tempo de Fixações Fora da Tela em milissegundos.

Outra boa observação é a quantidade de fixações e o tempo de fixação na região da boca, das imagens de estímulo. A Figura 54 mostra a quantidade de fixações na região da boca, os autistas tiveram média de 11,69 fixações e variância de 3,66, enquanto que os típicos tiveram média de 6,77 com variância de 1,55. Na Figura 55, verifica-se que a média do tempo de fixação na região da boca (em milissegundos) dos autistas foi de 649,8 e variância de 162,7, enquanto que a média dos típicos foi de 360,5 e variância de 27,3.

Esses valores sugerem que de fato existe dificuldade dos autistas observarem a região dos olhos, mas é mais cômodo observar a região da boca. Esse processo potencializa os indivíduos a terem dificuldades na interação social, como foi relatado na revisão teórica deste estudo.

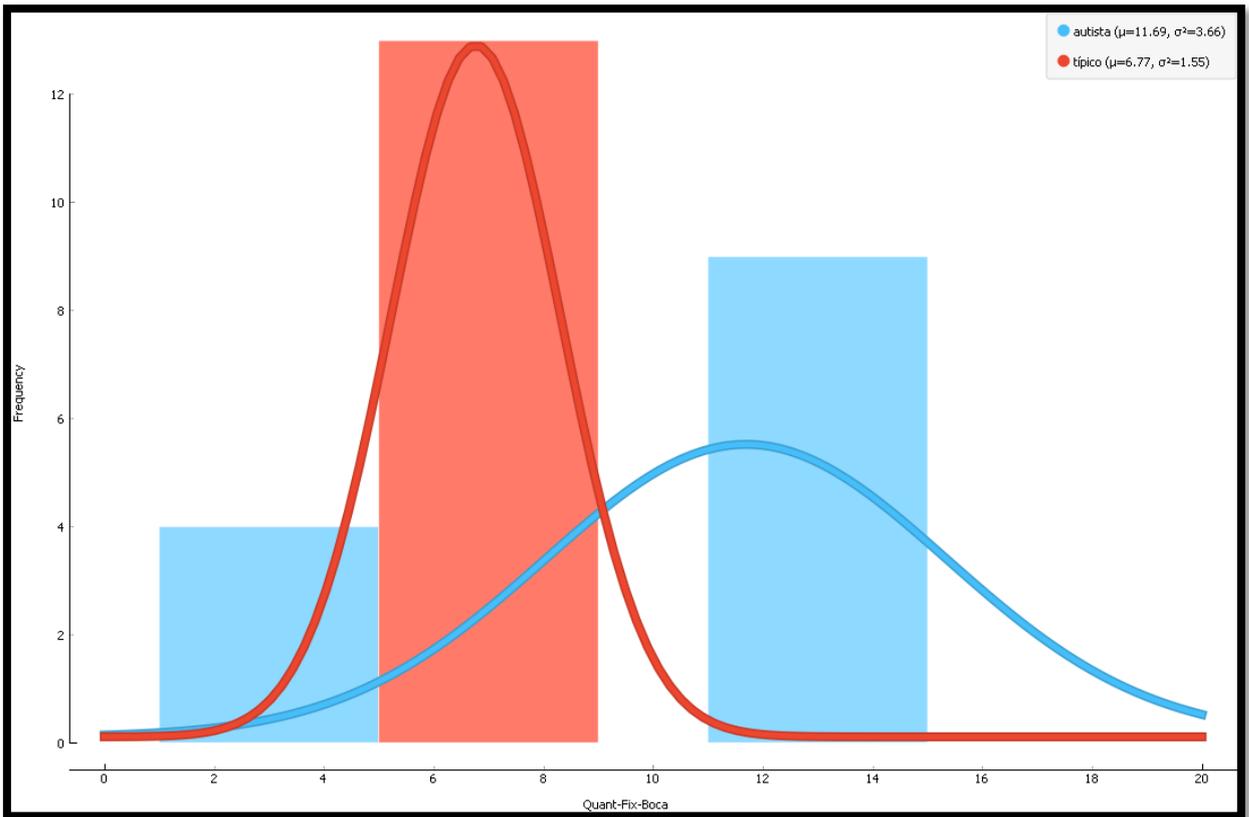


Figura 54– Distribuição de Quantidade de Fixações na região da Boca.

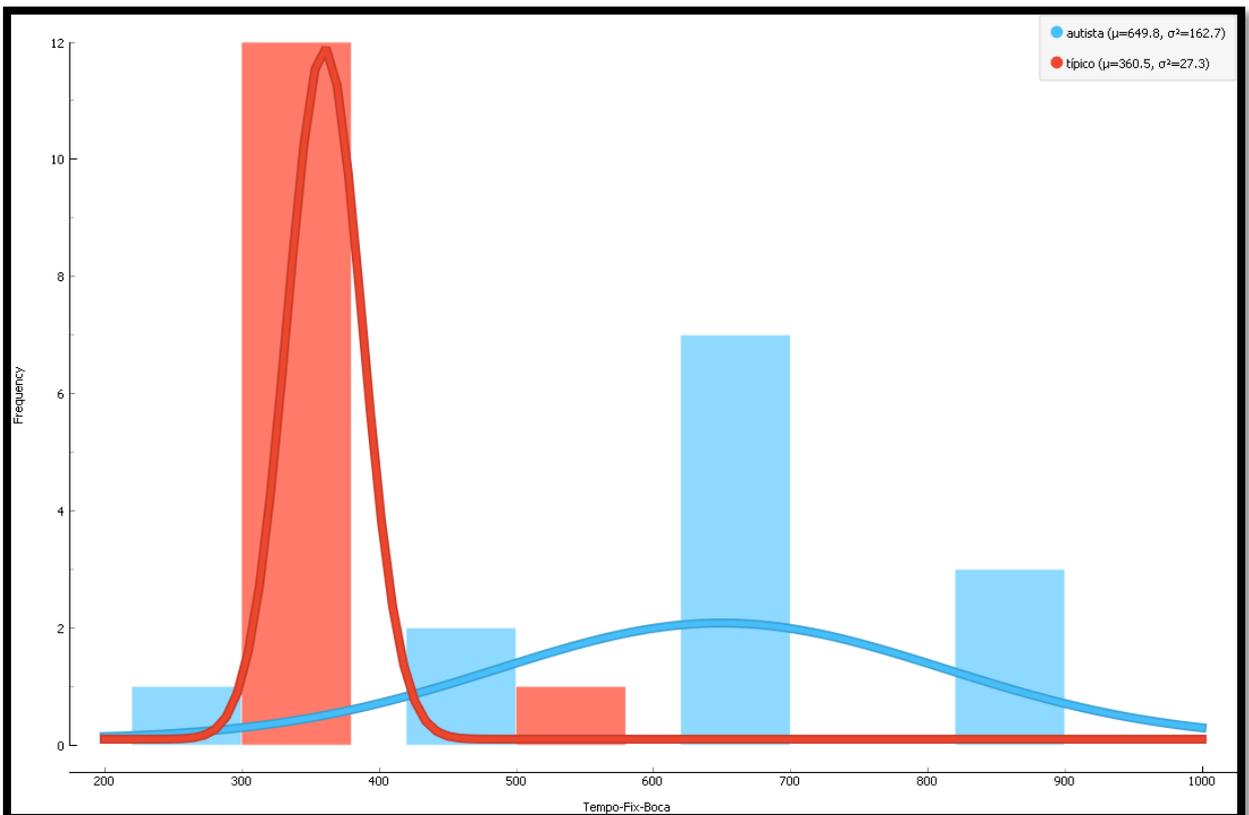


Figura 55– Distribuição de Tempo de Fixações na região da Boca.

As sacadas são outras características muito importantes no processamento holístico, assim, analise a Figura 56 a qual se refere à velocidade média das sacadas e a Figura 57 refere-se à distância média de uma sacada para a outra.

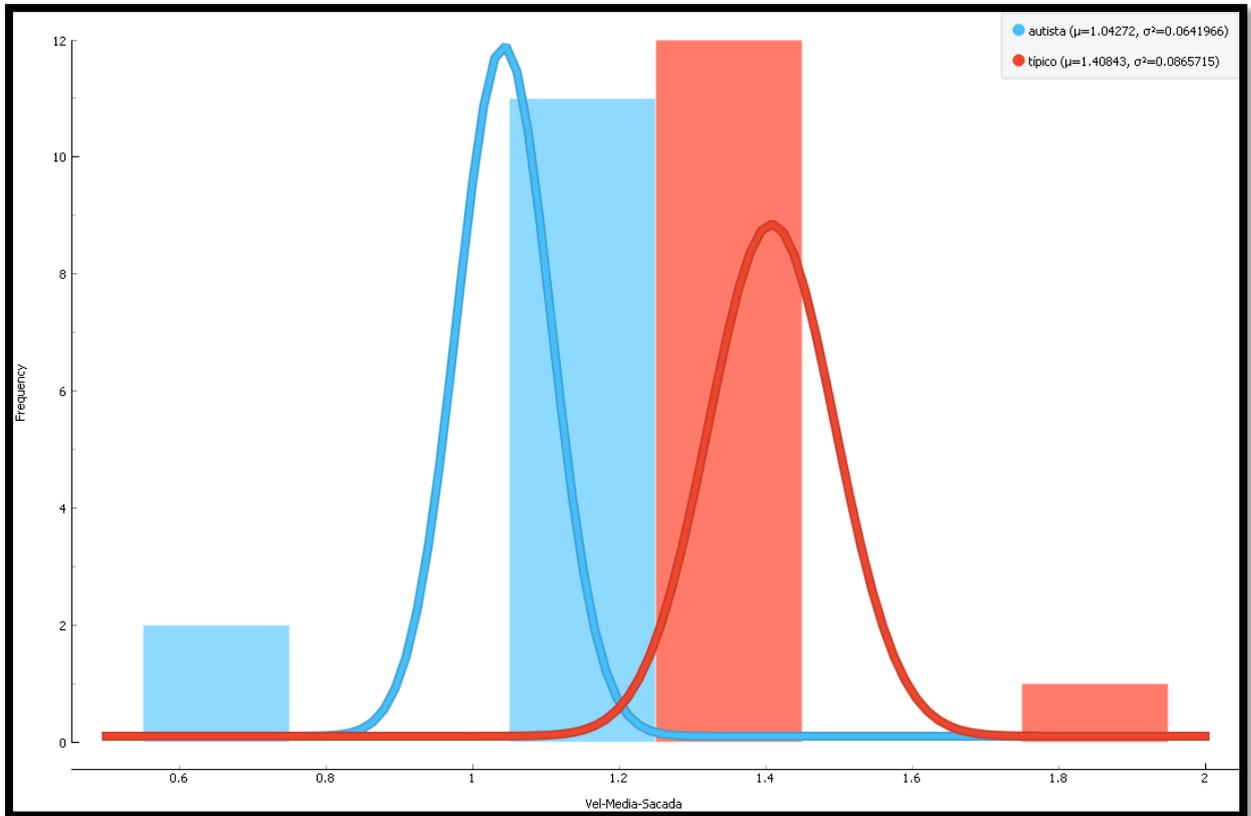


Figura 56– Distribuição da Velocidade Média das Sacadas

A média da velocidade média dos autistas foi de 1,04272 pixels/milissegundo com variância de 0,0641966, enquanto dos indivíduos típicos foi de 1,40843 pixels/milissegundo e variância de 0,0865715. A média da distância entre as sacadas dos autistas foi de 68,0518 pixels e variância de 4,18971, enquanto os indivíduos autistas tiveram média de 91,9194 pixels e variância de 5,64998. Por meio desses gráficos, pode-se deduzir que as sacadas dos típicos são mais rápidas e mais longas, o que já era esperado, pois a distância e a velocidade das fixações também é maior, ou seja, são diretamente proporcionais. Assim esse também se torna um padrão para distinguir os indivíduos.

Outro indicativo das Figuras 56 e Figura 57 é que o grupo TC é mais rápido e alcança uma distância maior entre as fixações, ou seja, este grupo necessita de menos tempo para realizar a averiguação facial.

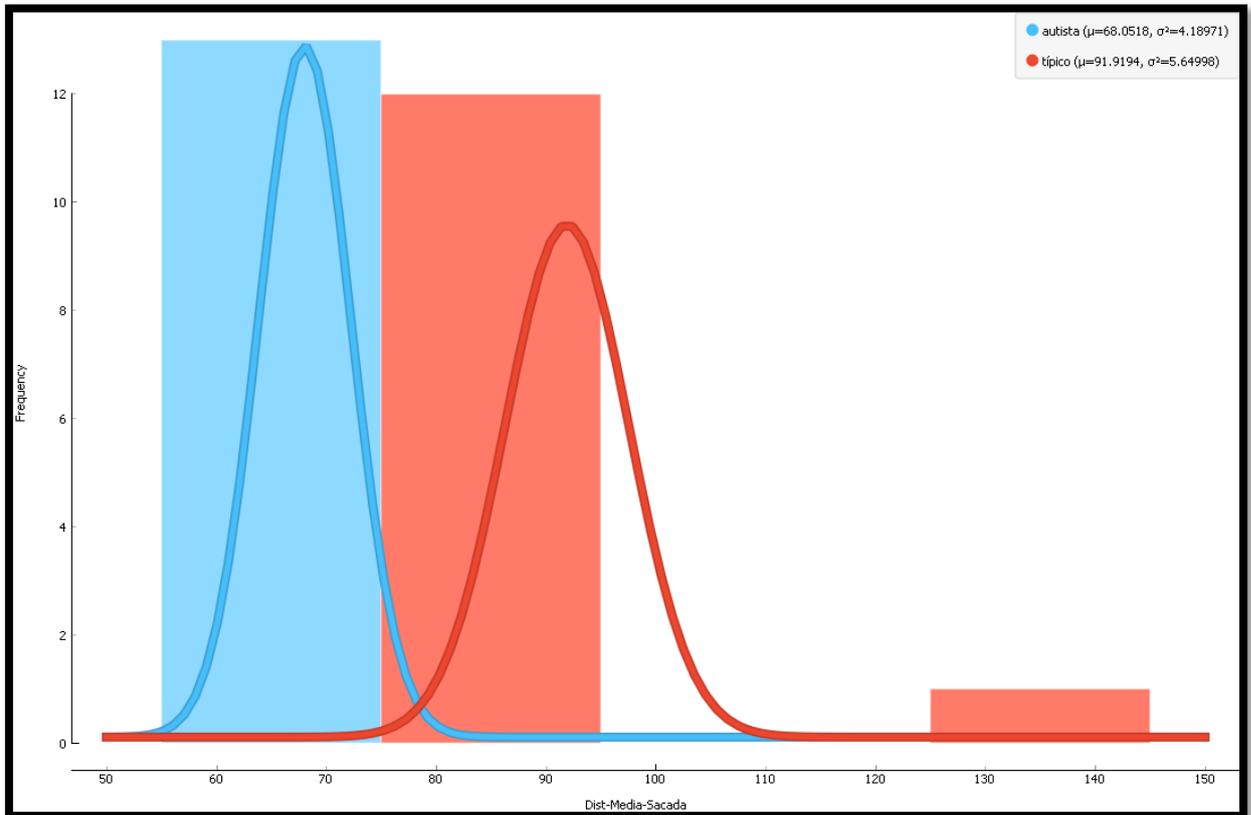


Figura 57– Distribuição da Distância Média das Sacadas

O Gráfico de silhueta de resposta da predição ficou bem similar ao realizado no teste do Capítulo 4.4. Obteve uma boa distância nos clusters, como pode ser verificado na Figura 58, novamente foi utilizada o cálculo de distância euclidiana.

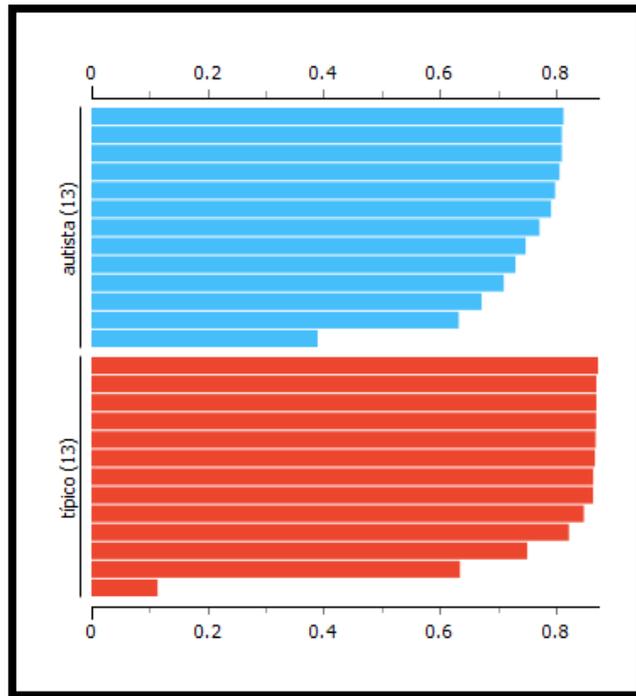


Figura 58– Gráfico de Silhueta de Resposta da Predição

Nesta secção, serão analisados seis gráficos no estilo Box Plot, eles se tornam muito interessantes pelas seguintes peculiaridades: O máximo, o mínimo, a variabilidade, a média, a mediana e finalmente a simetria. Podendo assim, mostrar uma apreciação diferente dos gráficos anteriores.

Na Figura 59, pode-se observar que a variabilidade dos indivíduos autistas é muito menor que dos indivíduos típicos, além de não ser simétrica como ocorre com os típicos.

Entretanto, quando se verifica a Figura 60, pode-se observar uma maior variabilidade nos indivíduos autistas e também uma maior dispersão entre os mínimos e máximos.

Na Figura 61, pode-se deduzir que são muito distintos os resultados, veja que o valor máximo dos típicos fica distante do mínimo dos autistas.

Assim como ocorreu na Figura 61, o mesmo ocorre na Figura 62, uma grande discrepância entre os dois grupos. Evidenciando que este é o melhor padrão para identificar o transtorno nos indivíduos.

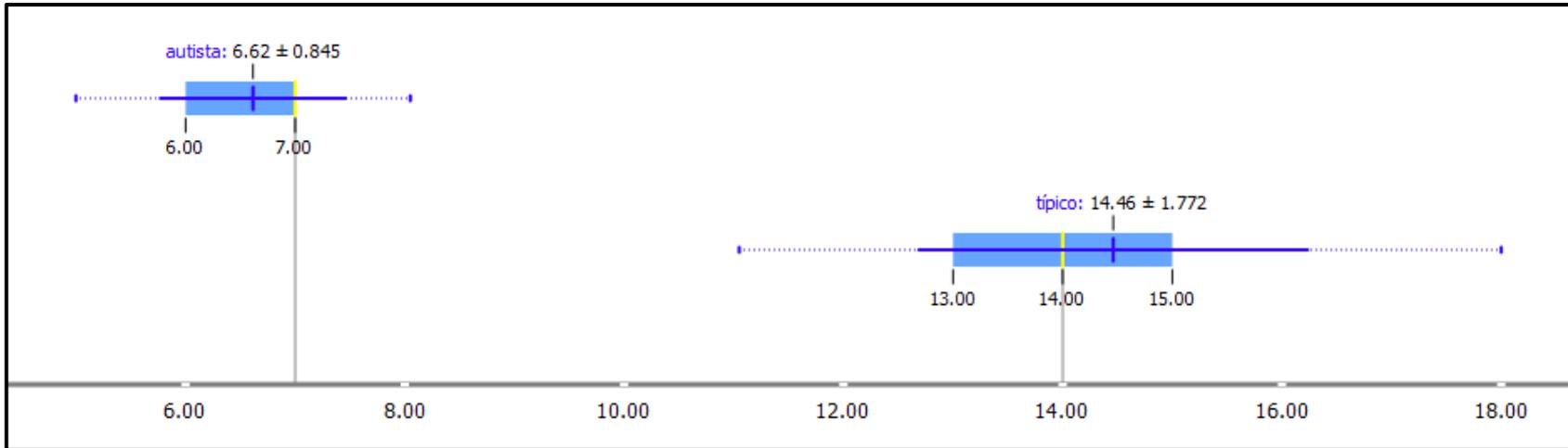


Figura 59– Box Plot da Quantidade de Fixações na Região dos Olhos.

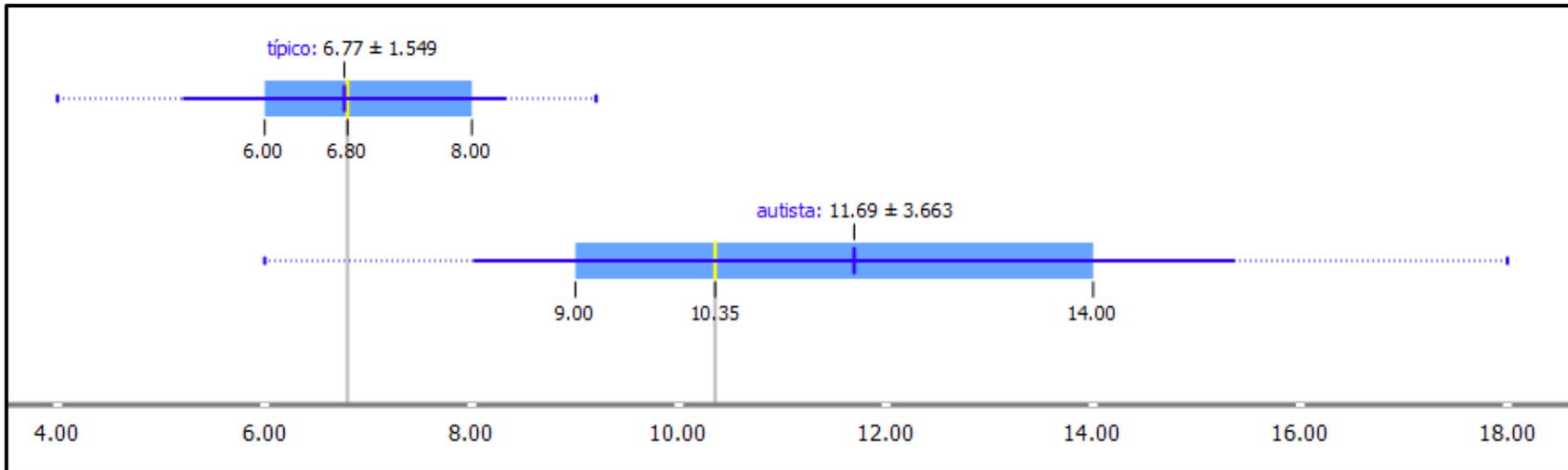


Figura 60– Box Plot da Quantidade de Fixações na Região da Boca.

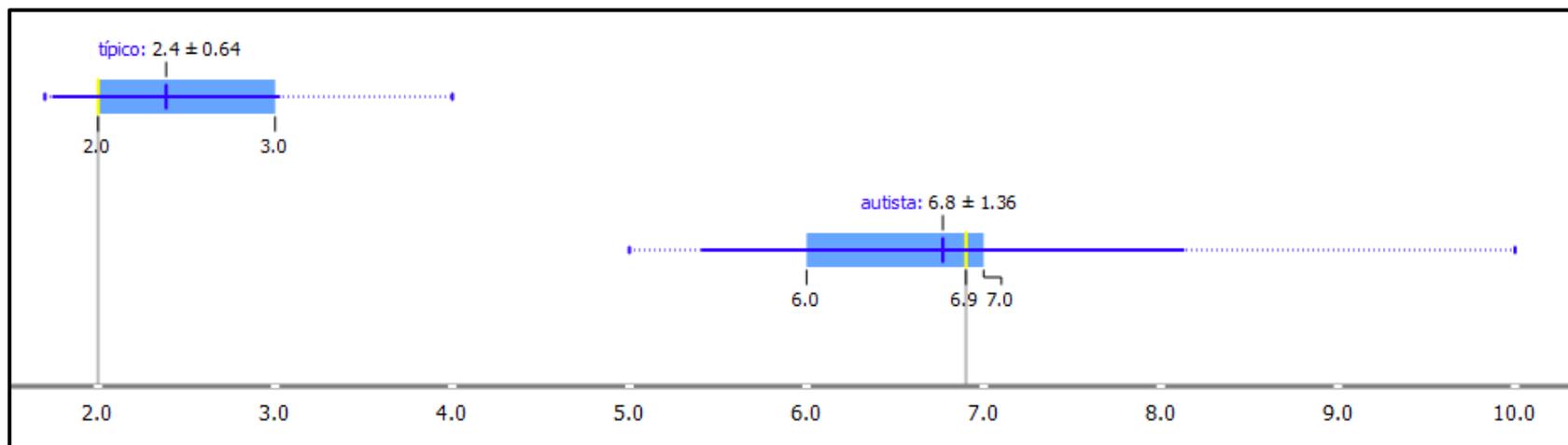


Figura 61– Box Plot da Quantidade de Fixações na Região Fora da Tela.

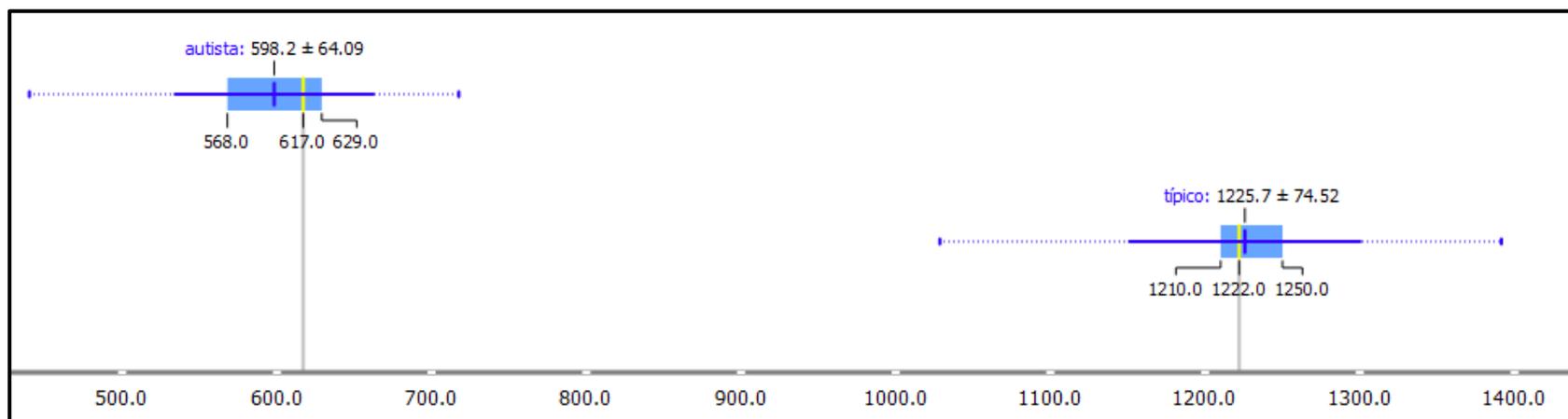


Figura 62– Box Plot do Tempo de Fixações na Região dos Olhos.

O tempo médio de observação da região dos olhos pelo autista é praticamente a metade do tempo médio realizado pelo típico, como pode ser verificado na Figura 62. No entanto, verificando a Figura 63, o tempo médio de fixação na região da boca pelo autista não é o dobro do ocorrido com os autistas, portanto, não é algo diretamente proporcional, mas existe uma diferença significativa.

Contudo, quando comparada o tempo de fixação na região dos olhos (Figura 62) com o tempo de fixação fora da tela (Figura 64), tem-se uma proporção inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o tempo de fixação fora da tela, menor será o tempo de fixação na região dos olhos.

Na Figura 60, verifica-se que existe maior variabilidade no grupo dos autistas, o que é ratificado com o gráfico da Figura 63. No entanto, na Figura 60 o máximo dos típicos fica no nível do 1º quartil dos autistas, o que não ocorre na Figura 63. Isso prova que ambos os grupos observam a região da boca, no entanto, os típicos são mais rápidos e não necessitam uma grande quantidade de fixações, pois eles possuem um maior interesse na região dos olhos.

Na Figura 64, é informada a quantidade de tempo que o indivíduo ficou observando fora da tela, ficou claro que o tempo dos autistas foi maior entre seus extremos. Além, do tempo médio do autista ser mais que o dobro do típico.

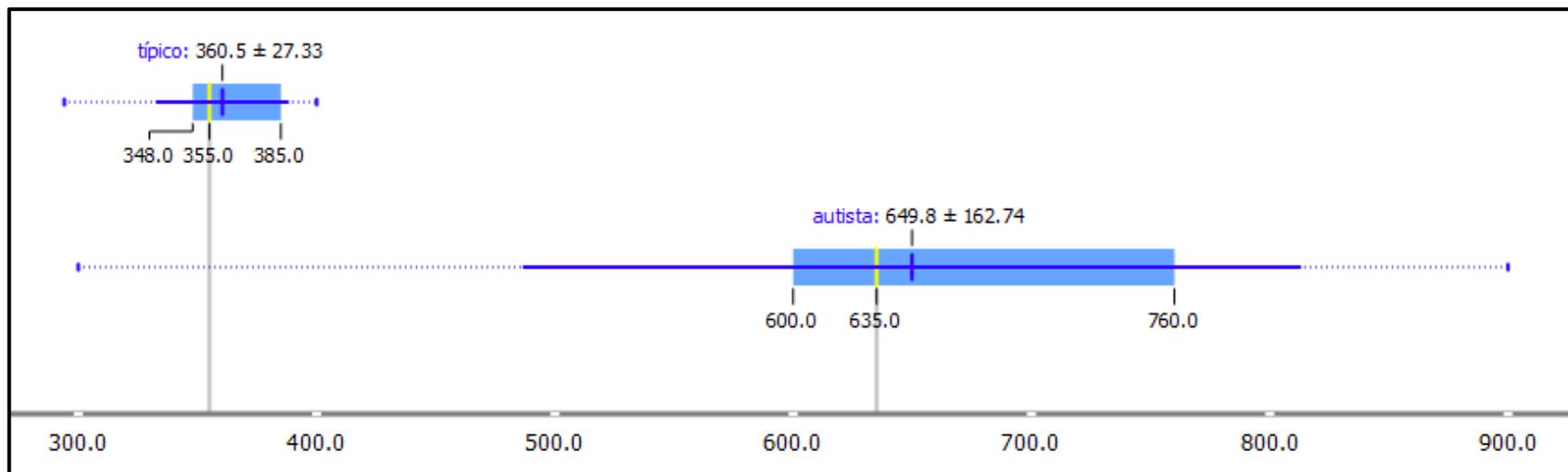


Figura 63– Box Plot do Tempo de Fixações na Região da Boca.

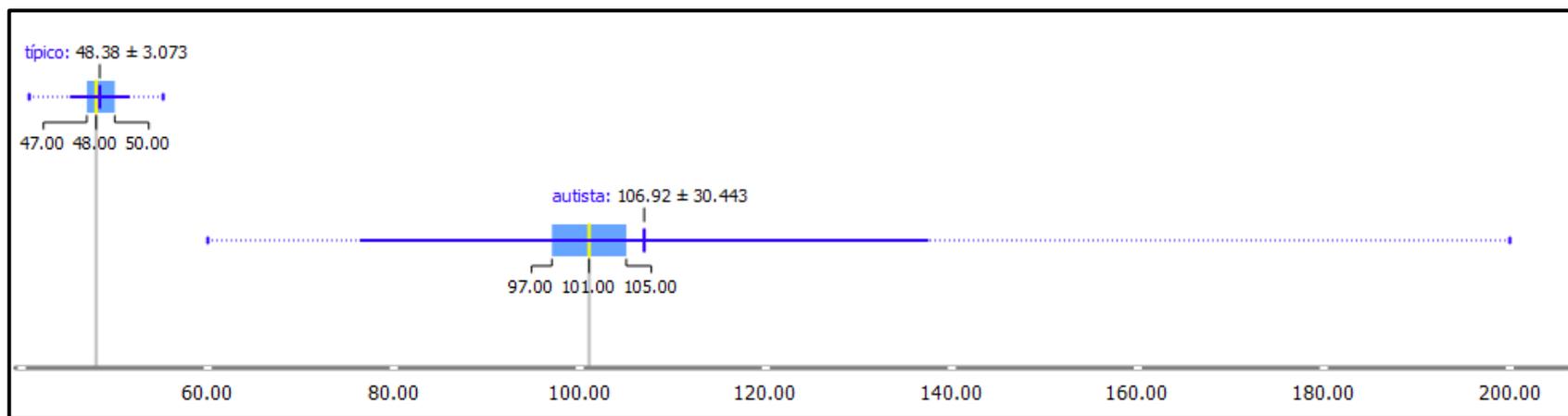


Figura 64– Box Plot do Tempo de Fixações na Região Fora da Tela.

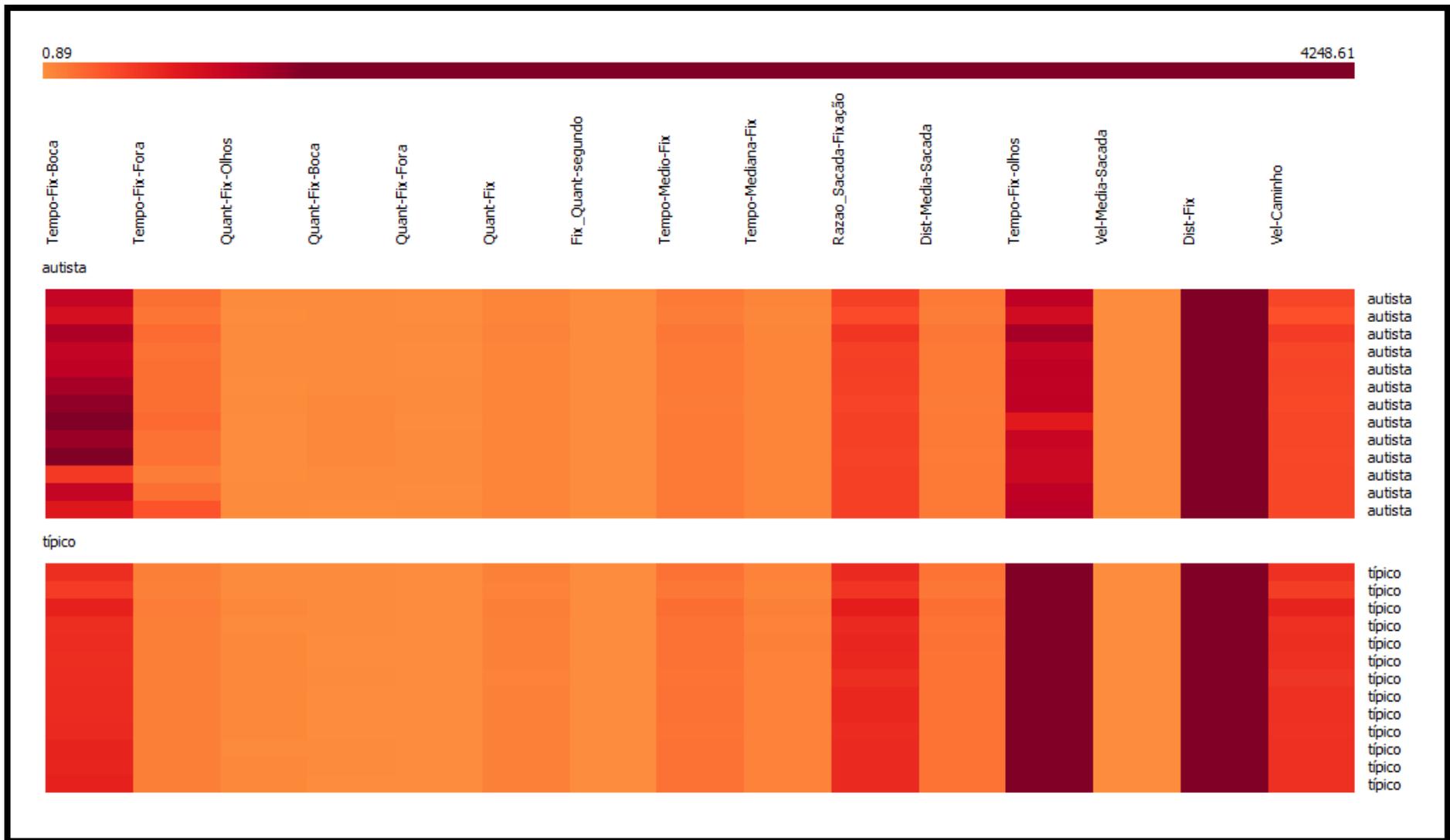


Figura 65– Mapa de Calor dos Atributos.

Um método interessante de visualizar dados para este estudo é o mapa de calor Figura 65. Esse método de visualização também pode ser combinado com métodos de agrupamento que unificam os valores de cada peculiaridade com base na similaridade do seu padrão.

No mapa de calor, os dados são exibidos em uma grade onde cada linha representa a situação do voluntário e cada coluna representa uma peculiaridade estudada. A cor e a intensidade das caixas são usadas para representar alterações das peculiaridades. Na Figura 65, a cor mais escura representa valores altos e as cores claras representam valores baixos.

Observe que a coloração na coluna intitulada Tempo-Fix-Boca (tempo de fixação na região da boca), é mais escuro para os autistas do que para os típicos, ou seja, os autistas ficam mais tempo observando a região da boca que os típicos. O mesmo ocorre com a coluna Tempo-Fix-Fora (tempo de fixação fora da tela de estudo). O contrário ocorre na coluna Tempo-Fix-olhos (tempo de fixação na região dos olhos), ou seja, é mais escuro para os típicos que para os autistas, o que denota que os típicos passaram mais tempo observando essa região que os autistas.

## 5.5 – Considerações Finais

Neste capítulo, foram analisados os dados e obtendo diversos resultados. Desta maneira para o próximo capítulo, serão apresentadas as conclusões deste trabalho.

## 6- CONCLUSÃO

Este trabalho propõe desenvolver uma ferramenta de predição com capacidade de analisar a percepção visual do próprio autista. Para isso, foram analisados dados do comportamento da visão, examinando o movimento e as características das fixações e das sacadas do olho humano. Utilizando a análise crítica dos conceitos do TEA, abordando suas peculiaridades e o comportamento dos indivíduos inclusos. Nesse espectro, foi possível avaliar a divergência existente entre os indivíduos típicos e atípicos, pois um dos fundamentais propósitos deste estudo é compreender como um autista enxerga a face humana nas imagens de estímulo.

De todas as dificuldades do autista, identificada na revisão bibliográfica, a mais evidente foi a situação do autista ter complicações em fixar seu olhar nos olhos de outro indivíduo. Assim para engendrar esta ferramenta, foi realizada uma revisão bibliográfica referente ao uso de rastreamento ocular, enfatizando em especial, os reforços que a técnica proporciona à investigação holística.

Esta ferramenta é composta por *hardware*, uma câmera de rastreamento ocular Gazepoint GP3® e dois *softwares* o OGAMA® e o ORANGE. O OGAMA que têm a função de gravar e coletar dados do comportamento ocular, por meio de uma abordagem multimétodo que inclui a tradicional Abordagem AOI e a abordagem do caminho de digitalização. O ORANGE é utilizado para minerar os dados, coletados pelo OGAMA. Em virtude da Pandemia da COVID-19, não foi possível realizar testes em humanos. Assim foi realizado um teste com a câmera e o OGAMA, apenas com o pesquisador, para validar a ferramenta.

Assim, para efetuar esta pesquisa experimental não clínica, foram utilizados dados de *datasets* de estudos correlatos relacionados à identificação de indivíduos autistas, expostos no capítulo 5.2. Por meio desses *datasets* e o ORANGE, realizou-

se uma predição com os dados, chegando a um resultado aceitável e satisfatório, pois se obteve uma **margem de erro de apenas 1%, e uma acurácia de 99,1%, precisão de 97%, especificidade de 92% e sensibilidade de 92%**. A margem de erro foi calculada pelo software OGAMA®, enquanto os valores de acurácia, precisão, especificidade e sensibilidade foram calculados pela própria ferramenta programada pelo software ORANGE®.

A conexão de aparatos de rastreamento às tecnologias de aquisição de grandezas fisiológicas é uma das expectativas prósperas da averiguação holística. Pois a sincronização da técnica de rastreamento ocular com os estímulos comportamentais conhecidos de indivíduos do TEA tende prover subsídios capazes de comprovar e diagnosticar esse transtorno em seres humanos.

Por meio da mineração de dados, os padrões mais importantes para caracterizar se um indivíduo está dentro do TEA ou fora são os seguintes:

- Tempo de fixação na região dos olhos;
- Tempo de fixação na região da boca;
- Tempo de fixação na região fora da tela;
- Quantidade de fixação na região dos olhos;
- Quantidade de fixação na região da boca;
- Quantidade de fixação na região fora da tela.

Ficou evidente que o autista fica maior tempo observando a região da boca e fora da tela em contraponto um menor tempo na região dos olhos, com relação à quantidade de fixação. Na região da boca e na região fora da tela ocorrem maior quantidade de fixações e menor quantidade de fixação na região dos olhos, das imagens de estímulo.

Assim conclui-se que a metodologia de averiguação do processamento holístico por meio de tecnologia *eye-tracking*, apresentada neste estudo, como procedimento de coletar e de explicar dados, é de grande utilidade para investigar o comportamento visual do ser humano em diversas áreas distintas, tais

como psicologia e medicina. Principalmente a análise de dados referentes ao transtorno do espectro do autismo por meio do olhar pode favorecer de maneira significativa a comunidade médica e escolar, haja vista que, em um mundo cada vez mais conectado e subordinado às tecnologias da informação, o aproveitamento do tempo para a aquisição de informações é fator dominante para a notoriedade nas concretizações de tarefas tanto pessoais quanto institucionais.

## 7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas utilizadas e avaliadas por este estudo atenderam, em maior parte, as condições técnicas e de usabilidade destas ferramentas comerciais similares. Limitações técnicas foram encontradas e propostas de melhoria são apresentadas. Apesar de serem de custo mediano, este procedimento encontra proeminências na literatura científica para serem usadas em avaliações clínicas e na identificação dos problemas relacionados ao uso em recurso complexo dos processos cognitivos.

Futuramente, almejo utilizar esta ferramenta em um grande número de voluntários, com o intuito de formar uma *big data*, para assim, formalizar um padrão. Para construir esse grande banco de dados, pretendo usar este procedimento na avaliação de crianças em escolas e conseqüentemente utilizá-lo para padronizar o diagnóstico. Principalmente, nos que não possuem diagnóstico fechado, servindo de uma pré-avaliação para que, em seguida, possam ser encaminhados a um psicólogo ou médico psiquiatra.

## 8 – POSFÁCIL

O pesquisador Ariomar da Luz Nogueira Filho procurou a conexão de distintas áreas do conhecimento para a exploração e ascensão de estratégias mais competentes de aprendizagem na educação médica, escolar e psicológica. Pois acredita que examinando empiricamente as diversas estratégias tecnológicas de aprendizagem no universo acadêmico é possível nos motivarmos para integrarmos todas as áreas de conhecimento para produzir novas tecnologias para o desenvolvimento dos seres humanos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, M. A. et al. Visual search strategies during facial recognition in children with ASD. **Research in Autism Spectrum Disorders**, 2014.

APA, A. P. A. **Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - DSM-5, estatísticas e ciências humanas: inflexões sobre normalizações e normatizações**. 5. ed. Porto Alegre: [s.n.]. v. 11

BACKES, B.; ZANON, R. B.; BOSA, C. A. A relação entre regressão da linguagem e desenvolvimento sociocomunicativo de crianças com transtorno do espectro do autismo. **CoDAS**, v. 25, n. 3, p. 268–273, 2013.

BALAM, G. N.; OSÓRIO, A. A. C. Use of eye tracking technology in infancy research: possibilidades e desafios do uso da tecnologia em amostras infantis. **Psicologia: teoria e prática**, 2018.

BARRETO, A. M. Eye tracking Como Método de Investigação Aplicado às ciência da comunicação. **Revista Comunicando**, 2012.

BAXTER, A. J. et al. The epidemiology and global burden of autism spectrum disorders. **Psychological Medicine**, 2015.

BORTOLON, C.; CAPDEVIELLE, D.; RAFFARD, S. **Face recognition in schizophrenia disorder: A comprehensive review of behavioral, neuroimaging and neurophysiological studies** *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2015.

BREWER, R. et al. Face perception in autism spectrum disorder: Modulation of holistic processing by facial emotion. **Cognition**, 2019.

BROWN, C. **Cognitive psychology**. [s.l: s.n.].

BROWN, S. M.; BEBKO, J. M. **Generalization, overselectivity, and discrimination in the autism phenotype: A review** *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2012.

CARETTE, R. et al. **Visualization of eye-tracking patterns in autism spectrum disorder: Method and dataset**. 2018 13th International Conference on Digital Information Management, ICDIM 2018. **Anais...**2018

CARETTE, R. et al. **Learning to predict autism spectrum disorder based on the visual patterns of eye-tracking scanpaths**. HEALTHINF 2019 - 12th International Conference on Health Informatics, Proceedings; Part of 12th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, BIOSTEC 2019. **Anais...**2019

CHITA-TEGMARK, M. Attention Allocation in ASD: a Review and Meta-analysis of Eye-Tracking Studies. **Review Journal of Autism and Developmental Disorders**, 2016.

CHONG, E. et al. Detecting Gaze Towards Eyes in Natural Social Interactions and Its Use in Child Assessment. **Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies**, 2017.

CHRISTENSEN, D. L. et al. Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2012. **Morbidity and mortality weekly report. Surveillance summaries**, v. 65, n. 3, p. 1–23, 2016.

CHRISTENSEN, J. et al. Prenatal valproate exposure and risk of autism spectrum disorders and childhood autism. **JAMA - Journal of the American Medical Association**, 2013.

CYGAN, H. B. et al. Face processing in a case of high functioning autism with developmental prosopagnosia. **Acta Neurobiologiae Experimentalis**, 2018.

DAKIN, S.; FRITH, U. **Vagaries of visual perception in autism** *Neuron*, 2005.

DALRYMPLE, K. A.; GARRIDO, L.; DUCHAINE, B. Dissociation between face perception and face memory in adults, but not children, with developmental prosopagnosia. **Developmental Cognitive Neuroscience**, 2014.

DEMŠAR, J. et al. Orange: Data mining toolbox in python. **Journal of Machine Learning Research**, 2013.

DIMITRIOU, D. et al. Atypical development of configural face recognition in children with autism, Down syndrome and Williams syndrome. **Journal of Intellectual Disability Research**, 2015.

DUAN, H. et al. **A dataset of eye movements for the children with autism spectrum disorder**. Proceedings of the 10th ACM Multimedia Systems Conference, MMSys 2019. **Anais...2019**

DUCHOWSKI, A. T. **Eye Tracking Methodology**. [s.l: s.n.].

EMAN, D.; EMANUEL, A. W. R. **Machine learning classifiers for autism spectrum disorder: A review**. 2019 4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2019. **Anais...2019**

FALCK-YTTER, T. et al. Visualization and analysis of eye movement data from children with typical and atypical development. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, 2013.

FALKMER, M. et al. The importance of the eye area in face identification abilities and visual search strategies in persons with Asperger syndrome. **Research in Autism Spectrum Disorders**, 2010.

FARRAHI, V. et al. **Calibration and validation of accelerometer-based activity monitors: A systematic review of machine-learning approaches** *Gait and Posture*, 2019.

- FENG, J.; GUIMING, H. Real-time eye detection and tracking under various light conditions. **Data Science Journal**, 2007.
- FORSTER, R. Aspectos da utilização do rastreamento ocular na pesquisa psicolinguística. **DELTA: Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada**, 2017.
- FROTA, M. et al. Análise de Características a partir de Algoritmos de Aprendizagem de Máquina para Auxílio ao Diagnóstico do Transtorno do Espectro Autista. p. 94–103, 2020.
- FULBRIGHT, R. K. et al. Abnormal Ventral Temporal Cortical Activity During Face Discrimination Among Individuals With Autism and Asperger Syndrome. **Archives of General Psychiatry**, 2003.
- GUESTIN, E. D.; EIZENMAN, M. General theory of remote gaze estimation using the pupil center and corneal reflections. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, 2006.
- HADJIKHANI, N. et al. Abnormal activation of the social brain during face perception in autism. **Human Brain Mapping**, 2007.
- JIANG, M.; ZHAO, Q. **Learning Visual Attention to Identify People with Autism Spectrum Disorder**. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. **Anais...**2017
- JOSEPH, R. M.; TANAKA, J. Holistic and part-based face recognition in children with autism. **Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines**, 2003.
- KANWISHER, N.; MCDERMOTT, J.; CHUN, M. M. The Fusiform Face Area: A Module in Human Extrastriate Cortex Specialized for Face Perception. **The Journal of Neuroscience**, 2018.
- KANWISHER, N.; YOVEL, G. **The fusiform face area: A cortical region specialized for the perception of faces** *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2006.
- KOWALIK, M. Do-It-Yourself Eye Tracker: Impact of the Viewing Angle on the Eye Tracking Accuracy. **Proceedings of CESC 2011: The 15th Central European Seminar on Computer Graphics**, 2011.
- LEE, E. C.; PARK, K. R.; KIM, J. Fake Iris Detection by Using Purkinje Image. In: [s.l: s.n.].
- LEYFER, O. T. et al. Comorbid psychiatric disorders in children with autism: Interview development and rates of disorders. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 36, n. 7, p. 849–861, 2006.
- LIN, Q. X. et al. [Abnormal processing characteristics to basic emotional faces in the early phase in children with autism spectrum disorder]. **Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi**, v. 20, n. 2, p. 134–139, 2018.

- LIPPS, M.; PELZ, J. B. Yarbus revisited: task-dependent oculomotor behavior. **Journal of Vision**, 2010.
- LOAYZA, F. Anatomia Ocular. **Oftalmologia**, 2008.
- MALCOLM, G. L. Combining top-down processes to guide eye movements during real-world scene search. **Journal of Vision**, 2010.
- MANNARU, P. et al. **Performance evaluation of the gaze point GP3 eye tracking device based on pupil dilation**. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). **Anais...2017**
- MARCO, E. J.; SKUSE, D. H. **Autism-lessons from the X chromosome. Social cognitive and affective neuroscience**, 2006.
- MAYES, S. D.; BLACK, A.; TIERNEY, C. D. DSM-5 under-identifies PDDNOS: Diagnostic agreement between the DSM-5, DSM-IV, and Checklist for Autism Spectrum Disorder. **Research in Autism Spectrum Disorders**, v. 7, n. 2, p. 298–306, 2013.
- MORIMOTO, C. H.; MIMICA, M. R. M. Eye gaze tracking techniques for interactive applications. **Computer Vision and Image Understanding**, 2005.
- NAIK, A.; SAMANT, L. **Correlation Review of Classification Algorithm Using Data Mining Tool: WEKA, Rapidminer, Tanagra, Orange and Knime**. Procedia Computer Science. **Anais...2016**
- NOMI, J. S.; UDDIN, L. Q. **Face processing in autism spectrum disorders: From brain regions to brain networks** **Neuropsychologia**, 2015.
- OGUSUKO, M. T.; LUKASOVA, K.; DE MACEDO, E. C. Movimentos oculares na leitura de palavras isoladas por jovens e adultos em alfabetização = Eye movements during reading single words by young and adults in literacy. **Psicologia: Teoria e Prática**, 2008.
- OKAZAKI, V. H. A. et al. Relação velocidade-accurácia em tarefa de contornar figuras geométricas e traçar linhas. **Revista da Educacao Física**, 2011.
- PAULA, C. S. et al. Brief report: Prevalence of pervasive developmental disorder in Brazil: A pilot study. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, 2011.
- PELLICANO, E.; RHODES, G. Holistic processing of faces in preschool children and adults. **Psychological Science**, 2003.
- PIERCE, K. et al. Preference for geometric patterns early in life as a risk factor for autism. **Archives of General Psychiatry**, 2011.
- PUOLAMÄKI, K. et al. **Combining eye movements and collaborative filtering for proactive information retrieval**. SIGIR 2005 - Proceedings of the 28th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. **Anais...2005**

- RIBEIRO, S. H. B. et al. Barriers to early identification of autism in Brazil. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, 2017.
- RICHLER, J. J.; CHEUNG, O. S.; GAUTHIER, I. Holistic processing predicts face recognition. **Psychological Science**, 2011.
- RICHLER, J. J.; GAUTHIER, I. A meta-analysis and review of holistic face processing. **Psychological Bulletin**, 2014.
- ROUSSEEUW, P. J. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, 1987.
- SALVUCCI, D. D.; GOLDBERG, J. H. **Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols**. 2004
- SANTIAGO, J. L. D. D. L. et al. Detección de la pupila mediante el método de Kasa. **IEEE Latin America Transactions**, 2016.
- SASSON, N. J. et al. Context effects on facial affect recognition in schizophrenia and autism: Behavioral and eye-tracking evidence. **Schizophrenia Bulletin**, v. 42, n. 3, p. 675–683, 2016.
- SCHALL, A.; ROMANO BERGSTROM, J. **Eye Tracking in User Experience Design**. [s.l: s.n.].
- SOHN, I.-J. et al. Characteristics of Brains in Autism Spectrum Disorder: Structure, Function and Connectivity across the Lifespan. **Experimental Neurobiology**, 2015.
- TANAKA, J. W. et al. Mixed emotions: Holistic and analytic perception of facial expressions. **Cognition and Emotion**, v. 26, n. 6, p. 961–977, 2012a.
- TANAKA, J. W. et al. The perception and identification of facial emotions in individuals with autism spectrum disorders using the Let's Face It! Emotion Skills Battery. **Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines**, 2012b.
- TANAKA, J. W.; GORDON, I. Features, Configuration, and Holistic Face Processing. In: **Oxford Handbook of Face Perception**. [s.l: s.n.].
- TANAKA, J. W.; SIMONYI, D. The “parts and wholes” of face recognition: A review of the literature. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, 2016.
- TEICHRIEB, V. **Realidade Aumentada** Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics) Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis. IEEE Trans. Viz. Comput. Graph, 2015.
- TEIXEIRA, M. C. T. V. et al. Produção científica brasileira sobre transtornos do esPectro autista. **Rev Assoc Med Bras**, v. 56, n. 5, p. 607–14, 2010.

- THAPALIYA, S.; JAYARATHNA, S.; JAIME, M. **Evaluating the EEG and Eye Movements for Autism Spectrum Disorder**. Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2018. **Anais...**2019
- TORRALBA, A.; OLIVA, A. **Statistics of natural image categories**. Network: Computation in Neural Systems. **Anais...**2003
- VABALAS, A.; FREETH, M. Brief Report: Patterns of Eye Movements in Face to Face Conversation are Associated with Autistic Traits: Evidence from a Student Sample. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, 2016.
- VAICENAVICIUS, J. et al. **Evaluating model calibration in classification**. AISTATS 2019 - 22nd International Conference on Artificial Intelligence and Statistics. **Anais...**2020
- VERNETTI, A. et al. Simulating interaction: Using gaze-contingent eye-tracking to measure the reward value of social signals in toddlers with and without autism. **Developmental Cognitive Neuroscience**, 2018.
- VOSSKÜHLER, A. et al. OGAMA (Open Gaze and Mouse Analyzer): Open-source software designed to analyze eye and mouse movements in slideshow study designs. **Behavior Research Methods**, 2008.
- VOSSKÜHLER, A.; NORDMEIER, V. OGAMA. **OGAMA**, 2008.
- WANG, X. et al. **Eye contact reminder system for people with autism**. Proceedings of the 2014 6th International Conference on Mobile Computing, Applications and Services, MobiCASE 2014. **Anais...**2015
- WATSON, T. L. **Implications of holistic face processing in autism and schizophrenia****Frontiers in Psychology**, 2013.
- WEIGELT, S.; KOLDEWYN, K.; KANWISHER, N. **Face identity recognition in autism spectrum disorders: A review of behavioral studies****Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, 2012.
- WERNER, J. S.; CHULAPA, L. M. **The new visual neurosciences**. [s.l: s.n.].
- WINGATE, M. et al. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years - autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2010. **Morbidity and mortality weekly report. Surveillance summaries (Washington, D.C. : 2002)**, 2014.
- YANEVA, V. et al. **etecting autism based on eye-tracking data from web searching tasks**. Proceedings of the 15th Web for All Conference : Internet of Accessible Things, W4A 2018. **Anais...**2018
- YANEVA, V. et al. Detecting High-Functioning Autism in Adults Using Eye Tracking and Machine Learning. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, 2020.

YI, L. et al. Abnormality in face scanning by children with autism spectrum disorder is limited to the eye region: Evidence from multi-method analyses of eye tracking data. **Journal of Vision**, v. 13, n. 10, p. 5–5, 2013.

YOUNG, A. W.; HELLAWELL, D.; HAY, D. C. Configurational information in face perception. **Perception**, 2013.

ZANON, R. B.; BOSA, C. A. Características Sintomatológicas de Crianças com Autismo e Regressão da Linguagem Oral Symptomatic Characteristics of Children with Autism and Language Regression. v. 33, p. 1–10, 2010.

ZHAO, Q. et al. **Gaze prediction for recommender systems**. RecSys 2016 - Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems. **Anais...2016**