

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL BENTO QUIRINO

**Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em
Eletrônica – Período Integral**

Arthur Souza Brandino de Oliveira

Érick Almeida Santos

Rafael Arlindo de Almeida

N.C.S.: Noise Control System

Campinas/SP

2024

Arthur Souza Brandino de Oliveira

Érick Almeida Santos

Rafael Arlindo de Almeida

N.C.S.: Noise Control System

Relatório técnico apresentado à Feira de Ciência e Tecnologia Bragantec, orientado pela prof.^a Me. Regina Morishigue Kawakami e coorientado pelo prof.^o Me. Marcus Guirardello, como requisito parcial para a participação na feira.

Campinas/SP

2024

Oferecemos este trabalho à Deus,
aos nossos pais pelo apoio moral e financeiro,
aos professores Regina, Marcelus e Marco Aurélio,
pela orientação do projeto e pelo acompanhamento
da evolução ao longo do curso.

AGRADECIMENTOS

Eu, Rafael, agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por terem me dado força para permanecer nesta caminhada mesmo diante das dificuldades, aos meus pais Elayne e Arlindo, por terem me apoiado de tantas formas, mas principalmente financeiramente, garantindo que eu tivesse a possibilidade de realizar e concluir o curso, aos parentes e amigos, em especial aos meus tios, Dayane Cristina Abrantes e Nilton César da Silva, que foram as pessoas responsáveis pelo meu ingresso na instituição, à professora Rafaela Parpinelli Ribeiro Abrantes, que me apoiou em minhas dificuldades, oferecendo aulas de apoio para as disciplinas de matemática e física e me ajudando a eliminar as lacunas de aprendizado resultantes da pandemia, aos meus tios e padrinhos Shander Chey e Marilsa de Almeida Chey, que me apoiaram financeiramente, ajudando na compra de materiais necessários para as aulas práticas do curso. Agradeço também à Etec Bento Quirino e ao seu corpo docente, excepcionalmente aos professores Regina Morishigue Kawakami, Marcelus Guirardello, Marco Aurélio Fernandes Soares, Edwin Mauricio Loboschi, Mauricio Marsarioli, Silvana Auxiliadora Missola Critter, Marisa Regina Leite de Souza, Sivanira Purcina Rodrigues e Edna Maria Bellix Castanho, que tanto me inspiraram com suas aulas e muito me apoiaram de forma pedagógica para que eu dispusesse de condições para adquirir as competências e habilidades das disciplinas que lecionaram. Agradeço aos meus colegas integrantes da equipe que construiu este projeto, Arthur Souza Brandino de Oliveira e Érick Almeida Santos, pela parceria e colaboração para que este trabalho pudesse ser desenvolvido e concluído e a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a minha permanência no curso e para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Eu, Arthur, agradeço primeiramente a Deus, pois sem nele nada seria possível, aos meus pais por estarem ao meu lado em todos os momentos, sendo estes bons ou ruins, à minha equipe por sempre ter novas ideias e nos auxiliarmos, ao professor Marcelus, por me ajudar com a parte da programação, à professora Regina por auxiliar na parte de inscrição nas feiras e na monografia, aos outros professores, que nos ajudaram trazendo novas ideias e à ETEC Bento Quirino, pois sem eles eu não teria a oportunidade de estar realizando este projeto.

Eu, Érick, agradeço a Deus, por ter me dado força para perseverar durante estes três anos de curso técnico concomitante ao médio, agradeço aos meus pais, por me apoiarem financeiramente e me motivando a continuar, aos professores Regina e Marcelus, por ajudarem no desenvolvimento do trabalho final, aos outros professores, que também contribuíram para o trabalho de conclusão de curso com suas ideias e à unidade escolar ETEC Bento Quirino, por terem fornecido suas dependências para que eu pudesse desenvolver competências e habilidades ao longo destes anos.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo.”

WINSTON CHURCHILL

“O caminho para o progresso não é rápido nem fácil.”

MARIE CURIE

“A persistência é o caminho do êxito.”

CHARLES CHAPLIN

RESUMO

Nos últimos anos, a neurociência avançou consideravelmente na compreensão dos Transtornos do Espectro Autista (TEA), possibilitando diagnósticos mais precisos e precoces. Este progresso levou a um aumento na identificação de pessoas com TEA, já que sinais e sintomas podem ser detectados em estágios mais iniciais. Para melhorar a qualidade de vida destes indivíduos, muitos ambientes precisam ser adaptados, especialmente devido à hipersensibilidade auditiva (Instituto Neurosaber, 2020) comum em pessoas com TEA. A solução proposta é a construção de um dispositivo para monitorar níveis de ruído em salas de aula. Este dispositivo acionará um sinal luminoso quando o barulho ultrapassar o limite fisiológico do aluno com TEA, alertando os presentes para reduzir o volume e assim melhorar o conforto auditivo. O dispositivo será equipado com um microcontrolador (ESP-32) que captará e analisará os níveis de ruído, ativando a sinalização quando necessário. Além disto, cada aluno com TEA ou seu tutor terá um botão via Bluetooth para acionar manualmente a sinalização quando o desconforto ocorrer. Este projeto visa contribuir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda da Organização das Nações Unidas (ONU) 2030, 4 (Educação de qualidade) e 16 (Paz, Justiça e Instituições Eficazes).

Palavras-chave: TEA. Audição. Ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

In recent years, neuroscience has advanced considerably in the understanding of Autism Spectrum Disorders (ASD), enabling more accurate and earlier diagnoses. This progress has led to an increase in the identification of people with ASD, as signs and symptoms can be detected at earlier stages. To improve the quality of life of these individuals, most environments need to be adapted, especially due to the auditory hypersensitivity (Instituto Neurosaber, 2020) common in people with ASD. The proposed solution is the construction of a device to monitor noise levels in classrooms. This device will trigger a light signal when the noise exceeds the physiological limit of the student with ASD, alerting those present to reduce the volume and thus improve hearing comfort. The device will be equipped with a microcontroller (ESP-32) that will capture and analyze noise levels, signaling when necessary. In addition, each student with ASD or their tutor will have a button via Bluetooth to manually trigger the signaling when discomfort occurs. This project aims to contribute to the Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations (UN) 2030 agenda, 4 (Quality Education) and 16 (Peace, Justice and Effective Institutions).

Keywords: ASD. Auditory. Teaching-learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Cordões de inclusão do autismo.....	13
Figura 2 – Circuitos anormais cerebrais.....	21
Figura 3 – Estruturas cerebrais afetadas.....	22
Figura 4 – Esquema de síntese do funcionamento [...].	22
Figura 5 – Tronco Encefálico.....	24
Figura 6 – Detalhes da estrutura do tronco [...].	24
Figura 7 – Estruturas e conexões das vias aferentes.....	26
Figura 8 - Ilustração das vias centrífugas.....	27
Figura 9 - Cordão de Girassol.....	35
Figura 10 - Cordão do Autismo.....	36
Figura 11 – Diagrama em blocos do chip do ESP.....	39
Figura 12 – Pinos de saída do chip do EsP32 – 48 pinos.....	40
Figura 13 – Mais algumas características do ESP.....	40
Figura 14 – Os 38 pinos da placa ESP32 DevKit.....	41
Figura 15 - Esquemático ESP-32 DevKit.....	42
Figura 16 – Placa ESP32 DevKit 38 pinos (Versão Real).....	42
Figura 17 – Placa ESP32 DevKit 30 pinos (Versão Real).....	43
Figura 18 – Logotipo Bluetooth.....	43
Figura 19 – Enlaces de dispositivos por mais de uma rede Piconet.....	46
Figura 20 – Analogia do funcionamento: ímãs.....	51
Figura 21 – Disco de vinil (Eletreto por natureza).....	52

Figura 22 – Eletreto em conjunto com FET.....	53
Figura 23 - Princípio do FET.....	53
Figura 24 – Tipos de microfone.....	54
Figura 25 - Polarização do microfone.....	55
Figura 26 - Esquemático do microfone de eletreto de três terminais.....	56
Figura 27 - Esquemático MAX9814.....	57
Figura 28 - Gráfico comparativo de ganho e frequência - MAX9814.....	58
Figura 29 – Diagrama em blocos da estrutura eletrônica [...].	59
Figura 30 - Módulo MAX9814.....	62
Figura 31 - Comparação de valores (fração de código).....	63
Figura 32 - Botão itag.....	64
Figura 33 – PCB do microfone.....	65
Figura 34 – PCB do sinal luminoso.....	65
Figura 35 - Protótipo ao lado do itag.....	66
Figura 36 – Parte interna do protótipo.....	66
Figura 37 – Dashboard Tago.io.....	67
Figura 38 - Implementação do microfone e ESP32 [...].	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACG	Controle Automático de Ganho
ACL	Asynchronous Connection-Less
BLE	Bluetooth Low Energy
BLUETOOTH SIG	Bluetooth Special Interest Group
BPC	Benefício da Prestação Continuada
CADÚNICO	Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal
CI	Circuito Integrado
CID	Classificação Internacional das Doenças
CIPTEA Autista	Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro
CRAS	Centro de Referência de Assistência Social
CSIRO	Commonwealth Scientific Industrial Research Organization
DSM 5 Nº 5	Manual de Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - Edição
EDR	Enhanced Data Rate
ESP	Espressif
FET	Transistor de Efeito de Campo
FH/TDD	Frequency Hopping / Time Division Duplex
FH-CDMA	Frequency Hopping – Code-Division Multiple Access
FHS	Frequency Hopping Synchronization
FIPS	Federal Information Processing Standard
HCI	Host Controller Interface

HS	High Speed
IDE	Integrated Development Enviroment
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
IP	Internet Protocol
ISM	Industrial, Scientific, Medical
L2CAP	Logical Link Control and Adaptation Protocol
LE	Low energy
LMP	Link Manager Protocol
LOAS	Lei Orgânica da Assistência Social
MDF	Medium-Density Fiberboard
OBEX	Object Exchange
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PAWR	Periodic Advertising With Responses
PCDs	Pessoas Com Deficiência
PPP	Point-to-Point Protocol
PWM	Modulação por Largura de Pulso
QOS	Quality Of Service
RF	Radio Frequency
RSSI	Received Signal Strength Indication
SCO	Synchronous Connection-Oriented
SNC	Sistema Nervoso Central
TDAH	Transtorno de Hiperatividade e Déficit de Atenção

TEA	Transtorno do Espectro Autista
THD	Distorção Harmônica Total
TOC	Transtorno Obsessivo Compulsivo
VGA	Amplificador de Ganho Variável
WAP	Wireless Application Protocol
WIFI	Wireless Fidelity

LISTA DE SÍMBOLOS

C++	Linguagem de programação
dB	Decibel
DMIPS	Velocidade para Processamento de Dados
k	kilo
kb/s	kilobits por segundo
kOhm	Unidade de medida para resistência elétrica com multiplicador
m ²	metro quadrado
mA	miliAmpere
Mb/s	Mega bits por segundo
MHz	Mega Hertz
mW	miliWatts
%	Porcentagem
V	Volts
VCC	Tensão de Corrente Contínua

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Fundamentação teórica.....	12
1.1.1 Legislações referentes aos direitos dos portadores do TEA.....	12
1.1.2 Hipersensibilidade auditiva em pessoas com o TEA.....	14
1.1.2.1 Detalhamento de todas as patologias abrangidas pelo Transtorno do Espectro Autista.....	33
1.1.2.2 Explicação referente aos diferentes graus de autismo.....	34
1.1.2.3 Versando um pouco melhor sobre os cordões de inclusão do autismo.....	35
1.1.3 Microcontroladores em geral.....	36
1.1.3.1 ESP-32: História, características gerais e aplicações.....	37
1.1.4 Definição, história e aplicações da tecnologia Bluetooth.....	43
1.1.5 Tecnologia Wi-Fi de comunicação.....	49
1.1.6 Microfones de Eletreto.....	50
1.1.7 Circuito Integrado (C.I.) MAX9814.....	57
2 JUSTIFICATIVA.....	60
3 OBJETIVOS.....	61
3.1 Geral.....	61
3.1.1 Específicos.....	61
4 METODOLOGIA.....	62
4.1 Materiais.....	62
4.1.1 Método.....	62

5 DESENVOLVIMENTO.....	63
6 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

O notável crescimento de diagnósticos de pessoas com o Transtorno do Espectro Autista (T.E.A.) no Brasil e no mundo denotam a importância de criar formas e alternativas para corroborar com o processo de inclusão dessas pessoas nos mais diversos ambientes sociais, atendendo às suas especificidades e características próprias, as quais são decorrentes desta síndrome, que é o T.E.A.. Para realizar essas adaptações, muitos ambientes precisarão sofrer modificações para conseguir trazer a inclusão necessária para essas pessoas, a exemplo (e um dos mais importantes deles) o ambiente escolar, dado que, como estes possuem particularidades advindas da síndrome, o processo de ensino-aprendizagem precisa necessariamente ser adaptado, buscando assim proporcionar a esses alunos condições para que possam ter o nível de desempenho semelhante ou equivalente aos alunos que não possuem o T.E.A..

A partir dessas constatações, e também observando, através da ajuda de uma docente da instituição, que na escola em que o projeto está sendo desenvolvido existem alunos portadores dessa síndrome, surgiu a ideia do projeto, que se baseia em criar um sistema para monitorar os ruídos dentro de sala de aula e alertar quanto estes ultrapassarem o limite de conforto para os alunos com o T.E.A., dado que uma das características desencadeada por esse transtorno é uma sensibilidade auditiva muito aguçada, onde estas pessoas sofrem com determinados níveis de ruído e isso pode ocasionar crises ou surtos.

No ambiente escolar esse projeto é introduzido de forma benéfica para todos os alunos, tanto os do T.E.A. quanto os alunos com outras deficiências presentes na sociedade. Também a adequação do ambiente escolar é um direito de todos os PCDs que é regulamentado por lei.

Em conformidade com a análise de informações apresentadas no portal Jade Autism, no caso do T.E.A. é muito positivo a implantação do projeto em sala de aula, pois as pessoas acometidas com essa síndrome são muito sensibilizadas por certos níveis de barulho (variando de pessoa para pessoa). Com esse aparelho auxiliando o professor, com a sinalização do barulho e agitação, seria algo muito interessante para

todas as instituições de ensino públicas que tem algum aluno com T.E.A. ou com alguma síndrome que envolva hipersensibilidade.

De acordo com o Instituto Neurosaber, o Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma síndrome que caracteriza pessoas com uma deformação genética, com um cromossomo a mais, e causa nos indivíduos afetados dificuldade na comunicação verbal, Hiperfoco, Hipersensibilidade auditiva condicionada, entre outros.

Segundo a revista científica multidisciplinar Núcleo do Conhecimento as causas mais comuns que desencadeiam a síndrome são a deformação genética, anormalidades no parto e influências do ambiente: idade parental avançada, baixo peso ao nascer e exposição fetal a ácido valproico. Segundo pesquisas, o membro familiar mais afetado com o diagnóstico são as mães, ocorre majoritariamente em meninos (quatro vezes mais do que em meninas) e o número de diagnósticos aumentaram substancialmente. As estruturas cerebrais mais afetadas são sistema límbico, corpo caloso, os glândulos da base, tálamo, cerebelo, substância branca região frontotemporal, e afeta também a produção e o desenvolvimento de neurônios e sinapses (conexões entre neurônios), déficits na percepção do olhar, ocasionando um contato visual pobre na comunicação e dificuldade em acessar informações para inferir os estados mentais dos demais. Em parte das pessoas com TEA, a estrutura cerebral se apresenta maior e mais volumosa. Dados da Sociedade Brasileira de Psicanálise Integrativa destacam que para o Transtorno do Espectro Autista (TEA) não há cura, mas há tratamento clínico com terapias comportamentais realizadas por terapeutas ocupacionais e fisioterapeutas.

Conforme consta no instituto Neurosaber, o TEA é classificado pelo DSM 5 – Manual de Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais, como um conjunto de transtornos antes chamados de autismo infantil precoce, autismo infantil, autismo de Kanner, autismo de alto funcionamento, autismo atípico, transtorno global do desenvolvimento sem outra especificação, transtorno degenerativo da infância e transtorno de Asperger.

A agenda ONU 2030 é um planejamento em que esta organização se compromete com diversos prazos para atingir determinadas metas para a melhoria de diversos aspectos sociais, ambientais e econômicos. Dentre esses compromissos foram instituídos os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs), que são uma

série de metas as quais os países devem buscar alcançar até o ano de 2030, como por exemplo erradicação da pobreza, combate às alterações climáticas, entre outros.

Analisando dados do portal Nações Unidas Brasil é possível inferir que existem ODSs que abrangem temáticas relacionadas ao transtorno e a inclusão dos indivíduos portadores, como é o caso do ODS 4 (Educação de Qualidade), que discorre sobre a garantia do acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa (de forma justa), e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos. Este ODS está relacionado ao tema central do projeto, pois tem como objetivo levar educação de qualidade e com inclusão para todos, garantindo que todos tenham os mesmos direitos e oportunidades no mercado de trabalho e na vida acadêmica.

O ODS 16 (Paz, Justiça e Instituições Eficazes), também abrange temáticas do transtorno, como a promulgação de legislações e decretos que zelem pelos direitos das pessoas com deficiência. Ele está relacionado pois tem por finalidade a garantia dos direitos dos indivíduos com TEA e incentiva a fiscalização do efetivo cumprimento destas.

O processo de inclusão de pessoas acometidas com TEA é realizado principalmente na adolescência e nos anos iniciais de vida, e isso é feito a partir de uma relação conjunta entre os especialistas médicos, os familiares e a escola. É importante pois nessas faixas etárias em que o caráter e opiniões são formados.

1.1 Fundamentação teórica

1.1.1 Legislações referentes aos direitos dos portadores do TEA

Segundo o portal Autismo e Realidade, existem legislações e normas que regulamentam o tratamento e o ensino para pessoas com o TEA. Dentre elas:

Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência) (número 13.146/2015), destinada a assegurar e a promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais por pessoa com deficiência, visando à sua inclusão social e cidadania;

Lei Berenice Piana (número 12.764/2012) que institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista e estabelece diretrizes para sua consecução;

Lei Romeo Mion (número 13.977/2020) que garante a Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (Ciptea), com vistas a garantir atenção integral, pronto atendimento e prioridade no atendimento e no acesso aos serviços públicos e privados, em especial nas áreas de saúde, educação e assistência social.

Lei número 13.370/2016, que reduz a jornada de trabalho de servidores públicos com filhos autistas. A autorização tira a necessidade de compensação ou redução de vencimentos para os funcionários públicos federais que são pais de pessoas com TEA;

Lei número 8.899/1994, que garante a gratuidade no transporte interestadual à pessoa autista que comprove renda de até dois salários-mínimos. A solicitação é feita através do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS);

A Lei Orgânica da Assistência Social (LOAS - número 8.742/1993), que oferece o Benefício da Prestação Continuada (BPC). Para ter direito a um salário-mínimo por mês, o TEA deve ser permanente e a renda mensal per capita da família deve ser inferior a $\frac{1}{4}$ (um quarto) do salário mínimo. Para requerer o BPC, é necessário fazer a inscrição no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico) e o agendamento da perícia no site do INSS;

Decreto número 7.611/2011, que dispõe sobre a educação especial e o atendimento educacional especializado;

Lei dos Portadores de Deficiência (número 7.853/1989), estipula o apoio às pessoas portadoras de deficiência, sua integração social, institui a tutela jurisdicional de interesses coletivos ou difusos dessas pessoas, disciplina a atuação do Ministério Público e define crimes;

Lei da Acessibilidade (número 10.098/2000), estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida;

Lei do Atendimento Prioritário (número 10.048/2000), dá prioridade de atendimento às pessoas com deficiência e outros casos;

Lei Cordão de Girassol (número 14.624/2023), identifica pessoas com deficiências ocultas através do uso de um cordão de fita com desenhos de girassóis. Pode ser utilizado por autistas, mas é importante ressaltar que mesmo utilizando o cordão é necessário utilizar documento que comprove a deficiência, caso seja solicitado.

Figura 1 – Cordões de inclusão do autismo



Fonte: MERCADO LIVRE, 2024.

1.1.2 Hipersensibilidade auditiva em pessoas com o TEA

Um dos primeiros registros na história da medicina de uma criança provavelmente autista foi efetivada em 1799 pelo médico J. Itard. Neste registro, ele a denominou de “o menino selvagem de Aveyron”. Este menino, chamado Vitor, era um garoto que perambulava vagando por jardins e apresentava uma conduta um tanto quanto peculiar. À primeira vista, pensavam que este comportamento estranho era derivado de um provável abandono por parte de seus familiares, no entanto, mais tarde houve a hipótese de que o menino poderia ter sido abandonado justamente por ser diferente e, como isto se decorreu dentro do período da Revolução Francesa, lidar com esta situação era um tanto quanto penoso, pois Vitor tinha manias e hábitos de um menino autista (GOMES, 2003).

O médico que realizou este registro relatou que, mesmo que indiferente a alguns sons, Vitor se mostrava fragilizado quando exposto a fortes ruídos. Este relato é um exemplo dentre muitos que são possíveis de encontrar na literatura. Apesar disto, o primeiro relato tido como oficial de crianças com características anormais foi realizado por Kanner, em 1943, o qual também versou sobre a anormalidade de percepção aos estímulos sonoros. A partir de então, há mais de cinco décadas, o autismo se tornou objeto de estudo em muitas características que se contrapõem: conceituação, classificação, sintomas, diagnóstico e tratamento. Na tentativa de adotar um padrão para atender a estes casos, hoje existe a tendência de entender o autismo como um agrupamento de doenças, derivadas das mais variadas situações e afetadas pelo aspecto social, problemas de comunicação, entre outros.

Segundo Erissandra Gomes (2003), no Brasil, estudos voltados para a temática abrangem revisões do Transtorno em relação às abordagens de conceito diferenciadas, ao diagnóstico clínico, à avaliação do sistema neurológico, aos fatores fisiológicos e à genética do autismo. Existem também importantes contribuições da área da psicologia, da psiquiatria no que se remete aos fatores clínicos e comportamentais do TEA. Sobre o trabalho fonoaudiológico no Brasil, este tem sido pioneiro em relação ao tratamento clínico do Transtorno. Não obstante, o trabalho de profissionais há algum tempo demonstra a possibilidade de uma melhor organização quanto ao estudo, à investigação e à construção de verdades científicas sobre a temática, deixando evidente a possibilidade de incluir a fonoaudiologia em

ambulatorios, equipes de diagnóstico e de tratamento do autismo. Estes estudos fonoaudiológicos priorizam os fatores linguísticos ou associados a este, como a intenção e função comunicativa da linguagem, a imitação, a sócio cognição, a hiperlexia e o vocabulário.

Retornado ao médico psiquiatra Leo Kanner, este profissional foi pioneiro em relatar sobre um grupo de crianças com *autistic disturbances of affective contact*, isto é, um distúrbio autístico do contato afetivo, se remetendo à forma de se relacionar para este grupo de crianças. Leo sugeriu que o autismo (derivado do grego *autos* = aquele que se limita a si próprio) na infância era inato e que o bebê que acabara de ser dado à luz possuía falta de motivação para interagir socialmente. Em seu primeiro estudo, Kanner mencionou aspectos que relacionavam estas crianças aos seus pais, como condições de sucesso na carreira e na formação acadêmica deles, o que impulsionou a criação de teses afetivas. O psiquiatra relatou também em sua primeira descrição a aversão que algumas delas tinham para determinados estímulos sonoros. Estudos recentes têm deixado evidente que indivíduos com características associadas ao Transtorno apresentam sintomas relacionados, os quais variam demasiadamente e com muitas etiologias, o que pode estar relacionado a uma variedade muito grande de nomes para diferentes síndromes que apresentam características veementemente similares (GOMES, 2003).

Estes novos estudos incentivaram WING e GOULD (1979), que encontraram um grupo de crianças com dificuldades e aspectos muito parecidos. Estes concluíram que existia um tripé que predominava no que se remete aos prejuízos: interação social imaginação e comunicação, dependentes uma das outras, que fazem referência a um *continuum* ou *spectrum*, que incluía o autismo identificado por Leo Kanner, e muitos outros. Em conformidade com Erissandra Gomes (2003), este chamado *continuum* autístico apresenta quadros intermediários, variando do próprio autismo até as alterações menos significativas, considerando a linguagem um aspecto essencial, tratando de variações quantitativas de um mesmo agrupamento de sinais e sintomas. O comprometimento do tripé varia de pessoa para pessoa.

O autismo infantil fora incluído no Distúrbio Invasivo do Desenvolvimento, pela Associação Americana de Psiquiatria, na década de 80, na publicação do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM) – III. No ano de 1987, depois

de uma revisão deste documento, foram incluídos tópicos para critério de diagnóstico e modificadas algumas expressões. Em 1994, houve uma nova revisão e foi publicado o DSM-IV, que é o atual e principal documento para a classificação do TEA, juntamente com a Classificação Internacional das Doenças (CID) – 10 (GOMES, 2003). Esta última classificação, da Associação Americana de Psiquiatria, coloca como subtipos dos Transtornos Invasivos do Desenvolvimento: Transtorno Autista, Transtorno de Rett, Transtorno Desintegrativo da Infância, Transtorno de Asperger e Transtorno Invasivo do Desenvolvimento Sem Outra Especificação. As características que relacionam estes transtornos são: falta de habilidades com interação social, com comunicação e a presença de comportamentos, interesses isolados e atividades estereotipadas, se manifestando na fase inicial da vida e comumente com algum grau de deficiência mental.

Nas primeiras edições da CID, o autismo não foi considerado, porém mais tarde colocaram-no equiparado à esquizofrenia e à psicose infantil. Somente depois da década de 80, na edição do CID-10, que se inicia a utilização da nomenclatura Transtornos Globais do Desenvolvimento, identificando-os por apresentarem alterações em interações sociais, comunicação e atividades estereotipadas, como fora relatado na classificação do DSM-IV. O conceito de *spectrum* autista abrange a grande maioria dos Transtornos Invasivos ou Transtornos Globais do Desenvolvimento, definidos com base em aspectos protocolados pelo DSM-IV e pelo CID-10. Alguns autores relatam que este conceito tem sido utilizado como sinônimo dele. Já outros autores discorrem que o TEA inclui, além do chamado autismo clássico, a Síndrome de Asperger e o Transtorno do Desenvolvimento Sem Outra Especificação, isto é, como o tema ainda é recente no meio acadêmico-científico, ainda não há uma unanimidade de quais variações do autismo o Transtorno do Espectro Autista inclui. (GOMES, 2003).

Destarte, é possível chegar a uma conclusão: esta temática que envolve o transtorno ainda demandará longos e detalhados estudos para que haja uma conformidade entre os especialistas na área. Visando entender melhor como são protocoladas as atuais classificações, é importante esclarecer pontos essenciais das duas teorias que fundamentam esta. Como mencionado acima, a teoria pioneira foi a afetiva, pensada a partir dos estudos do médico Leo Kanner sobre os genitores, em que há uma explicação psicogênica originada da experiência traumática no

nascimento da pessoa e seus desdobramentos. Em contrapartida, estudos mais recentes comprovaram a hipótese de haver fatores biológicos relacionados ao desenvolvimento do TEA (GOMES, 2003).

A teoria cognitiva, que se contrapõe à afetiva, foi baseada em pesquisas de BARON-COHEN *et al.* (1985, 1989), que evidenciaram que mesmo crianças com um alto funcionamento não possuem a capacidade de atribuir estados intencionais aos outros. O presente estudo sugere que fora alterada a capacidade de meta-representação, incluindo o aspecto social, o que inibe a criança autista de atribuir a outras pessoas diferentes estados cognitivos, fator importante para desenvolver padrões simbólicos. Muitos autores têm versado sobre a teoria da mente (*Theory of Mind*) nos autistas como uma deficiência das funções cerebrais superiores relacionadas a meta-representações, o que atribui a estes indivíduos a incapacidade de entender os estados mentais de outras pessoas (GOMES, 2003).

A frequência dos casos do Transtorno Autista é de cerca de 4,5 em 10000. Entretanto, se for considerado o Transtorno do Espectro Autista, com base no tripé comportamental, a frequência pode variar de um a dois casos por 1000 crianças até 6,7 casos por 1000, o que indica um número significativo. É a terceira desordem do desenvolvimento, atrás apenas para a epilepsia e encefalopatia crônica não-progressiva, superando a famosa Síndrome de Down. No Brasil, não existem estudos estatísticos, porém, de acordo com a Associação Brasileira de Autismo, a qual considera somente a forma típica, se estima haver em torno de seiscentas mil pessoas afetadas pelo Transtorno. No que se remete aos gêneros, o TEA se faz mais presente em meninos, na proporção 4:1. Apesar disto, é sabido que esta relação numérica varia em conformidade com a presença de deficiência cognitiva e que as meninas são mais afetadas no aspecto mental. A disparidade nas estimativas de prevalência situadas em diferentes regiões se deve a critérios diagnósticos, fatores genéticos e/ou influências do ambiente. O aumento dos casos de autismo é atribuído a fatores como: refinamento dos critérios diagnósticos e associação de outras expressões do autismo, construindo assim a linha do Transtorno do Espectro Autista, (GOMES, 2003).

Conforme Erissandra Gomes (2003), nos primeiros relatos de pessoas autistas, pesquisadores restringiram seus estudos na origem deste transtorno como sendo de ordem psicológica, fato já mencionado de antemão. Entretanto, atualmente sabe-se

que não existe causa única para o TEA e que as evidências da atualidade em relação às possibilidades etiológicas indicam a origem biológica, o que será discorrido de forma sucinta. Muitas pesquisas indicam que as dificuldades que os autistas possuem de desenvolver uma interação social são advindas da própria criança, não dos genitores, como alguns especialistas defenderam por muito tempo. Recentes pesquisas se voltam para os fatores do âmbito familiar, uma vez que estão centradas na genética do autismo, o que comprova a origem biológica, do mesmo modo que demonstra o amplo fenótipo do autismo. Diversos autores chamam a atenção para o quão fundamental é determinar os marcadores genéticos do vasto espectro de fenótipos para o TEA, derivado de condições multifatoriais – ambiental e genético. Nada obstante, alguns estudos não encontraram uma relação entre a classe social e o fator de imigração populacional. SZATMARI *et al.* (1998), em sua vasta pesquisa bibliográfica que realizaram, afirma que a desorganização é genética e apresenta como exemplo que há a probabilidade de 2% da ocorrência afetar os irmãos; em gêmeos, 95% dos monozigotos e um quarto dos gêmeos dizigotos. Com isso, os fatores genéticos na genitora que podem causar alterações no desenvolvimento do feto também é um exponencial, a variabilidade genética expressa por categorias do espectro com diferentes níveis cognitivos e a forte correlação com distúrbios de origem genética. Ainda foram observados grande frequência de TEAs em relação à prematuridade e ao sofrimento perinatal.

(GOMES, 2003) alguns especialistas dizem que a maioria dos indivíduos com o TEA possui causa desconhecida e por diversos fatores, sendo predominante as causas genéticas. Há autores que detectaram alta porcentagem de macrocrania (crânio mais volumoso que o normal) e epilepsia associados ao transtorno. Estudos relatam que cerca de 40% das pessoas em questão apresentam epilepsia. Abaixo, há uma tabela com as possíveis associações que o autismo pode ter com outras doenças:

Tabela 1 – Patologias factíveis de serem associadas ao TEA

Congênita/Adquirida	Genética/Metabólica
Rubéola	Anomalias Cromossômicas
Toxoplasmose	Esclerose Tuberosa
Citomegalovírus	Neurofibromatose
Síndrome de Moebius	Amaurose Congênita de Leber
Hipomelanose de Ito	Fenilcetonúria
Síndrome de Dandy-Walker	Histidinemia
Síndrome de Cornelia-deLange	Lipofuscinose Ceróide
Síndrome Soto	Hiperlactemia
Síndrome de Goldenhar	Doença Celíaca
Síndrome de Williams	Distúrbio Metabólico das Purinas
Microcefalia	Adrenoleucodistrofia
Hidrocefalia	Distrofia Muscular de Duchenne
Síndrome de Joubert	Síndrome de Angelman
Encefalite herpética	
Espasmos infantis	
Intoxicação por Chumbo	
Meningite	
Tumores do Lóbulo Temporal	
Síndrome de West	
Meduloblastoma de Cerebelo	

Fonte: GOMES, 2003.

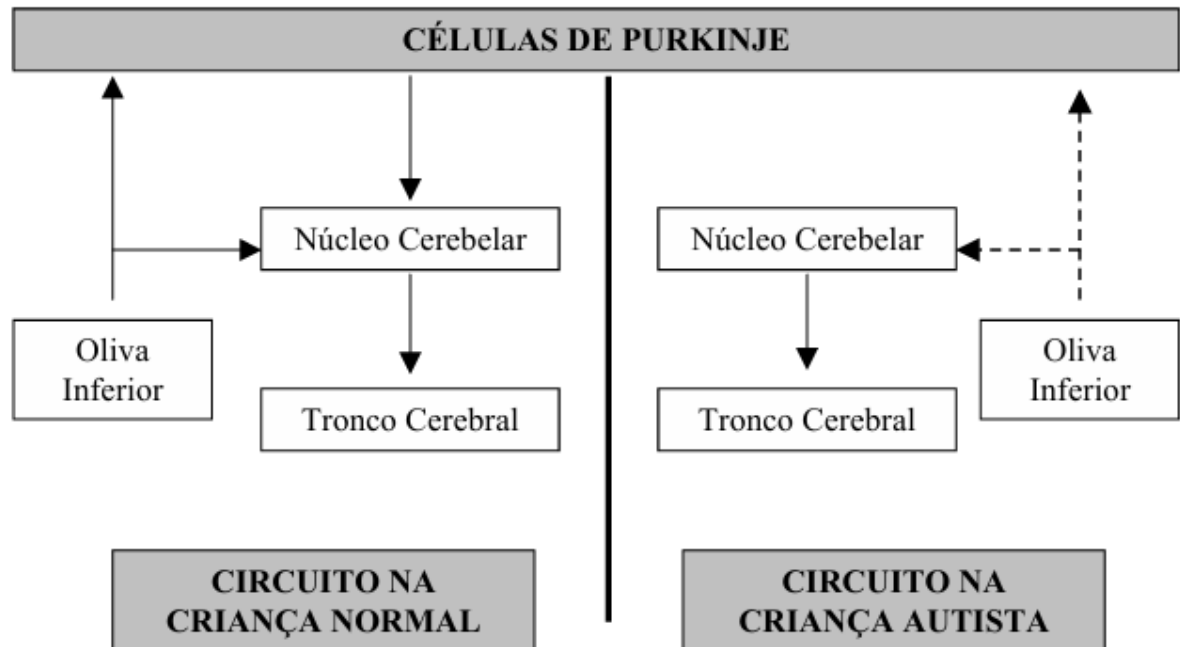
Autores pesquisadores indicam que o TEA representa organicamente um *continuum* neurobiológico com substrato anatômico em comum, o que corrobora para a heterogeneidade de sintomas e características do desenvolvimento. Estudar fatores biológicos na patogênese do autismo é muito relevante, pois tenta esclarecer alterações e comportamentos autistas por meio do conhecimento das estruturas do cérebro. As anormalidades histoanatômicas observadas no cérebro das pessoas com o TEA podem causar problemas para a desenvoltura nas relações sociais, na linguagem e na aprendizagem, que são características desta desordem. O desenvolvimento do cérebro do indivíduo com o transtorno é atípico, com um rápido crescimento na infância e diminuição do volume cerebral quando chegam à fase adolescente e adulta, o que pode estar relacionado a uma macrocãnia desde o nascimento, sobretudo em meninos até a puberdade. Somado a tudo isto, alguns estudiosos afirmam que o peso do cérebro dos autistas, predominantemente, é similar à média dos normais. HARDAN *et al.* (2000) afirmam que a sub-região que antecede

o corpo caloso é menor nas pessoas com o transtorno, o que desencadeia em uma disfunção do lóbulo frontal (GOMES, 2003).

O aumento no diâmetro e no volume cerebrais de crianças com o TEA, principalmente nas regiões parietais, temporais, occipitais e do cerebelo, que são fatores essenciais no desenvolvimento anormal do cérebro destes, podem resultar em três processos: aumento da neurogênese, eliminação do processo neural e aumento na produção de tecido cerebral não-neural, como células gliais ou vasos sanguíneos. Estruturas como amígdalas e hipocampo também aumentam proporcionalmente ao volume do cérebro em crianças com autismo de ambos os sexos, o que não acontece no estudo de estruturas de adolescentes e adultos autistas. Estudos com animais que apresentam lesões no hipocampo e nas amígdalas indicam para alterações na interação social, o que sugere um comportamento autista. O mesmo estudo discorre sobre lesões no lobo medial temporal, que compromete o comportamento socioemocional e na interação, assim como déficits em certas tarefas de memória com preservação de algumas ilhas de habilidades. Alterações no córtex pré-frontal e no lobo temporal medial afetam a cognição social, mais especificamente o foco (GOMES, 2003).

Existem também indicadores de que transtornos do neurodesenvolvimento, como o TEA, a dislexia e a disfasia, podem ser resultantes de alterações da neuroanatomia, primordialmente ao nível de circuitos cerebelares, incluindo a possibilidade de anticorpos maternos como desencadeadores. Na ablação de meduloblastoma do cerebelo que potencialmente compromete os circuitos cerebelo-olivares, tem sido observado conduta do Espectro do Autismo (FERREIRA, 2003). Alguns outros estudos sugerem uma anormalidade no desenvolvimento cerebral de jovens autistas, deixado evidente pela redução de células neurais e pelo aumento da densidade celular nas estruturas do sistema límbico, com diminuição da ramificação dos dendritos do hipocampo e reduzido o número de células de Purkinje no hemisfério cerebelar.

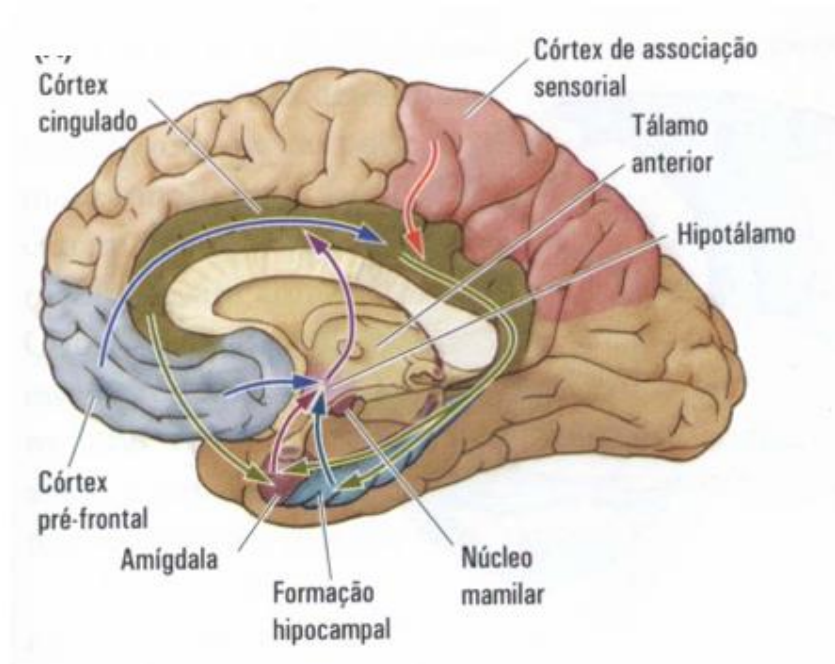
Figura 2 – Circuitos anormais cerebrais



Fonte: GOMES, 2003.

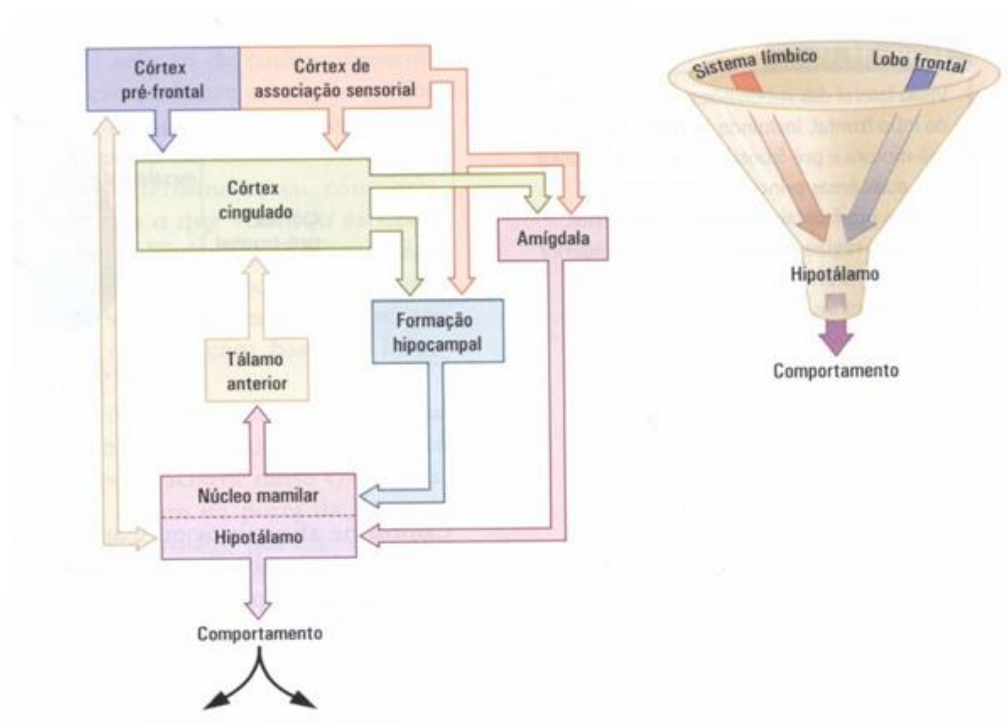
O sistema límbico e as suas ligações com a corticalidade, principalmente amígdala e hipotálamo, são indispensáveis para uma adequada função dos comportamentos ligados às emoções. Anormalidades no sistema límbico são comuns no TEA, e a expressão do fenótipo varia de acordo com o grau e a localização desta anormalidade (GOMES, 2003).

Figura 3 – Estruturas cerebrais afetadas



Fonte: GOMES, 2003.

Figura 4 – Esquema de síntese do funcionamento - sistema límbico e do lobo frontal

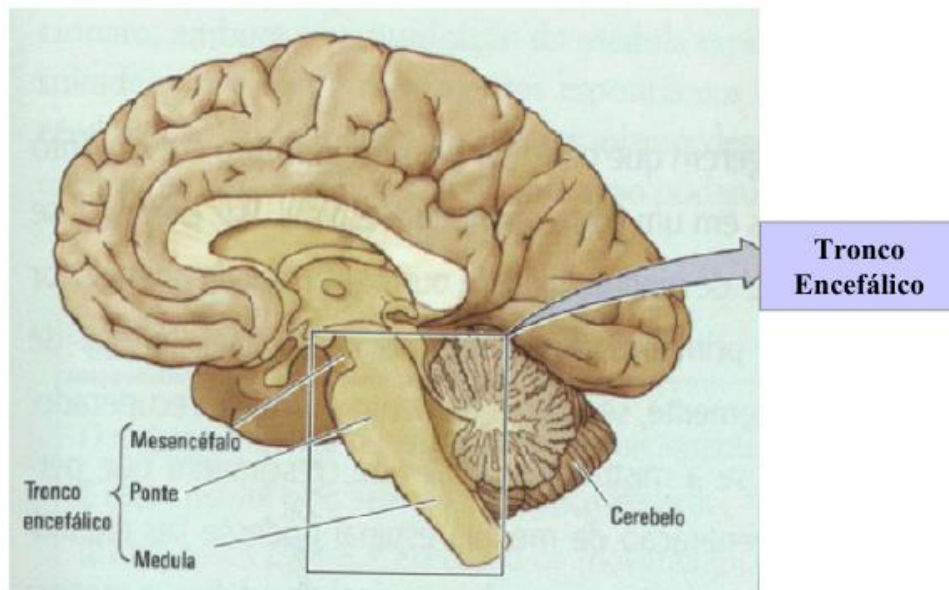


Fonte: GOMES, 2003.

CASANOVA *et al.* (2002) encontraram divergências nos cérebros de pacientes autistas, no que se remete às colunas de células mais numerosas, menores e menos compactas na configuração das células. Estas informações levam para a conclusão de que, no TEA, há anormalidades minicolunares nos lobos frontal e temporal cerebrais, o que potencialmente afeta a desenvoltura para diferir e modular as informações sensoriais. Embora achados anatomopatológicos e de neuroimagens serem encontrados em variadas regiões do encéfalo e de forma variável entre as pessoas com o Transtorno do Espectro Autista, é o cerebelo a estrutura que, de forma mais consistente, majoritariamente tem sido mencionada. Do mesmo modo, muitas dos aspectos do TEA podem ser explicados pelas disfunções do cerebelo, como: padrão restrito, repetitivo e estereotipado de atividades e comportamentos, interesses limitados, movimentos corporais anormais, alterações de atenção e de orientação, resposta anormal aos sons, etc.. Estudos da atualidade demonstram que a região do cerebelo está intrinsicamente relacionada com as funções sensoriais e de cognição. O cerebelo, excepcionalmente o vermis cerebelar dos lobos VI e VII, participa ativamente da função sensorial, no que se remete à captação, discriminação e modulação (GOMES, 2003).

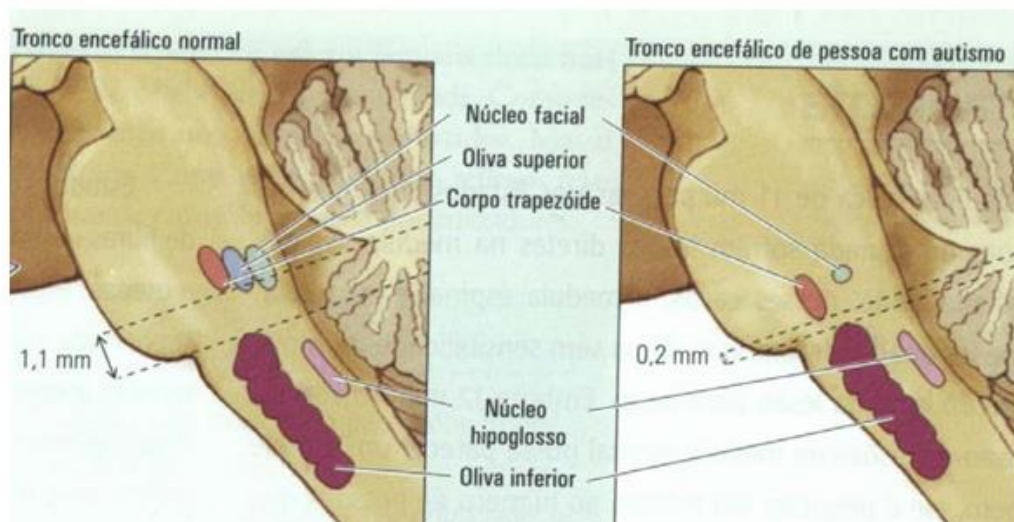
De acordo com Erissandra Gomes (2003), os sintomas clínicos de outros transtornos do desenvolvimento como disfasia, Síndrome de Tourette, Transtorno de Hiperatividade e Déficit de Atenção (TDAH), Transtorno Obsessivo Compulsivo (TOC), retardo mental, transtorno do aprendizado do hemisfério direito e dislexia, têm uma ligação com o TEA, por estarem relacionados a características anatomopatológicas, nos quais o cerebelo é a principal estrutura afetada. RODIER (2000) observou uma diferença na região do tronco encefálico entre crianças autistas e controles, denotando que a parte caudal da ponte é reduzida nas pessoas com o Transtorno e que existe a ausência ou redução de alguns núcleos desta região.

Figura 5 – Tronco Encefálico



Fonte: GOMES, 2003.

Figura 6 – Detalhes da estrutura do tronco – disparidades entre o normal e o afetado pelo TEA



Fonte: GOMES, 2003.

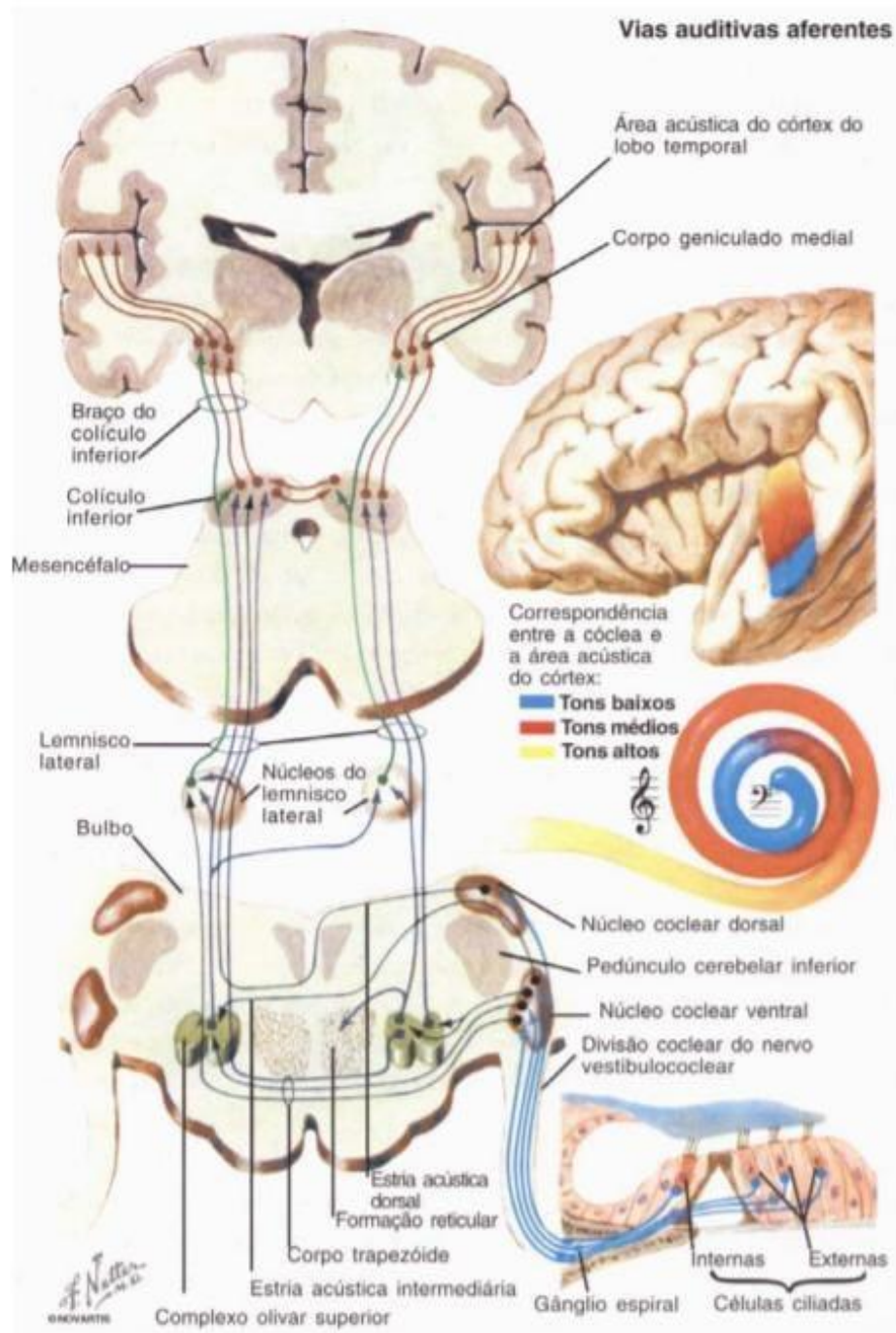
Outras alterações que podem influenciar no desenvolvimento atípico das estruturas cerebrais são problemas nas atividades neuroquímicas e nos neurotransmissores. Níveis aumentados de neuropeptídeos e neurotrofinas foram

encontrados no sangue do cordão umbilical de recém-nascidos que foram afetados com o TEA e com o retardo mental, o que indica um fator metabólico pré-natal envolvido na fisiopatologia do Transtorno do Espectro Autista (NELSON, 2001; GOMES, 2003).

Segundo Erissandra Gomes (2003), a sensibilidade é uma função que viabiliza ao organismo poder dispor das sensações dos ambientes internos e externos, por meio de um sistema complexo, podendo, desta forma, reagir sobre eles. As sensibilidades são: as relacionadas com órgãos específicos dos sentidos como o da visão, do olfato, da gustação, da audição e do tato. As relacionadas aos estímulos cutâneos (tátil, térmica e dolorosa), as proprioceptivas (vibratório, cinestésico-postural), sendo que muitas destas são processadas de forma consciente e grande parte realiza respostas reflexas e/ou automáticas.

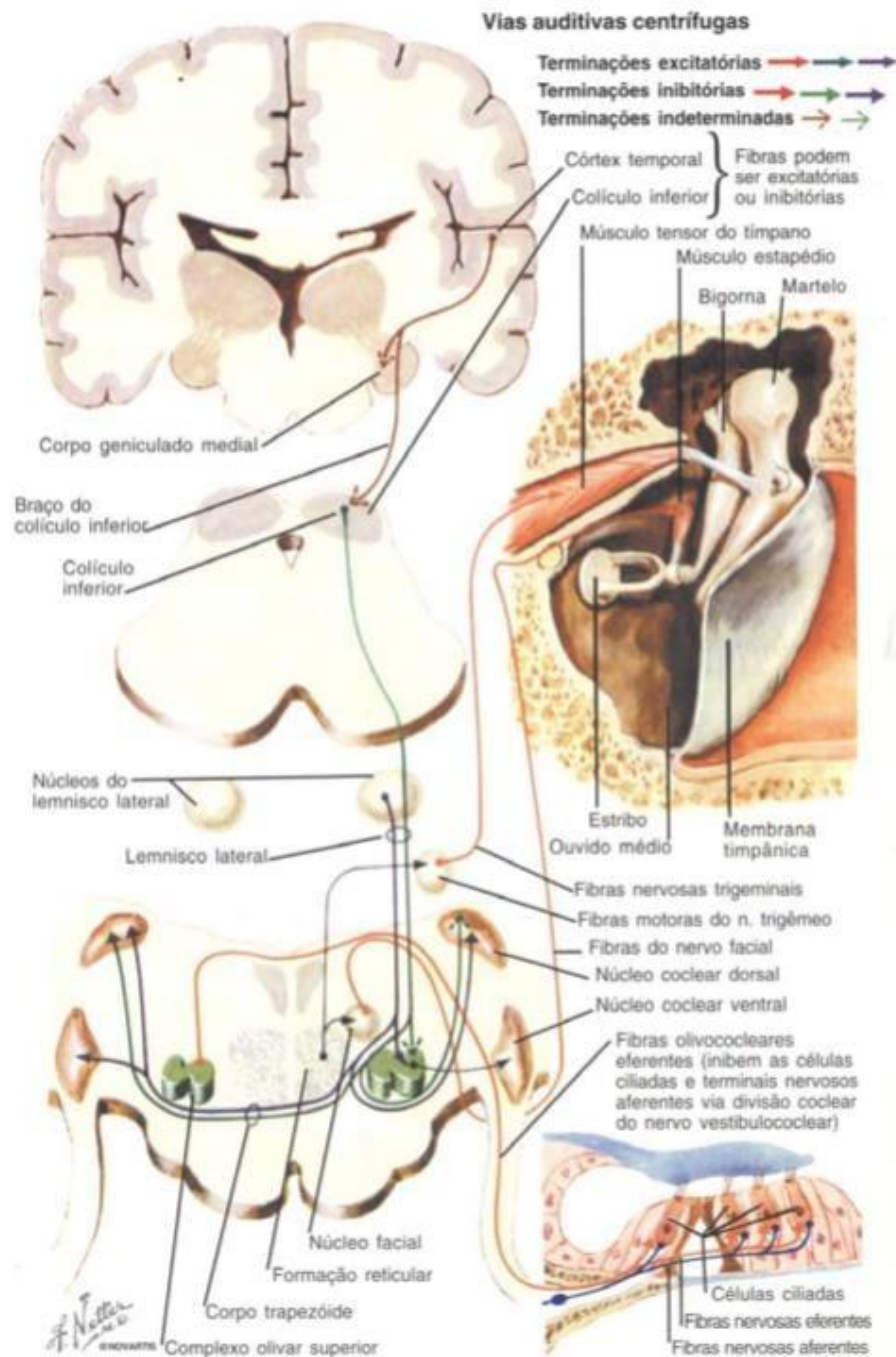
Em conformidade com GOMES (2003), e outros autores, como DUUS (1989), DORETTO (1996) e PEREIRA & SCHOCHAT (1997), o estímulo sonoro é conduzido por meio da via auditiva aferente para o córtex, em específico até a área 41 de Brodmann do lobo temporal, denominada a área auditiva primária. Uma das funções mais fundamentais da via auditiva eferente é de diminuir a sensibilidade do sistema auditivo, por meio de contrações de alguns músculos do ouvido médio, o que impede a lesão do sistema auditivo, como pode ser ilustrado na imagem abaixo:

Figura 7 – Estruturas e conexões das vias aferentes



Fonte: GOMES, 2003.

Figura 8 - Ilustração das vias centrífugas



Fonte: GOMES, 2003.

Quando se trata da hipersensibilidade sonora, sabe-se que expressões como hipersensibilidade auditiva, audiosensibilidade, fonofobia, hiperacusia e redução à tolerância para sons têm sido utilizados como similares, em contextos muito próximos. Entretanto, alguns autores, como SANCHEZ et al. (1999) destacam que o termo hiperacusia (*hiper* = excesso, *akousis* = audição) dá a entender que a pessoa escuta melhor que as demais, o que não é verdade, uma vez que os limiares tonais de uma pessoa hiperacúsica são equivalentes à de uma não hiperacúsica. Isto faz com que a expressão hipersensibilidade a sons mais adequada, pois trata-se de uma relação de desconforto. Porém, o termo é bastante utilizado na literatura para denominar indivíduos que apresentam queixas de desconforto a várias tonalidades sonoras, principalmente quando em baixa intensidade (GOMES, 2003).

Autores como PHILLIPS & CARR (1998) ressaltam diferenças entre as principais desordens, que são: hiperacusia, fonofobia e perda auditiva. No entanto, consideram não se justificar o uso de um termo que abrange a todas elas, dado que os fenômenos que as originam derivam de mecanismos diferenciados, em que existem evidências clínicas e empíricas, as quais embasam as teorias aplicadas. Em consonância com os autores supracitados, SANCHEZ et al. (1999) versam que a hipersensibilidade auditiva advém de três formas: recrutamento, hiperacusia e fonofobia (GOMES, 2003). A seguir, estão dispostas algumas considerações sobre estas: A hiperacusia ocorre em pessoas com audição normal, que apresentam uma sensibilidade anormal a sons de baixa/moderada intensidade. Ela se origina através de uma alteração no processamento central sonoro, que se manifesta pela sensação de desconforto (GOMES, 2003). Já a fonofobia é o desconforto desencadeado por alguns estímulos sonoros, o que está associado ao seu significado ou associação. Sons agradáveis ao indivíduo são suportados mesmo que em altas intensidades (GOMES, 2003). E o recrutamento está relacionado com a perda auditiva sensorineural, derivado de uma redução nos elementos sensoriais constituintes da orelha interna (GOMES, 2003).

JASTREBOFF (2001) distingue fonofobia de hiperacusia, sendo que, para este autor, hiperacusia é uma reação atípica que ocorre nas vias auditivas, sendo resultante de uma exposição a determinados níveis sonoros. E a fonofobia é uma reação anormal dos sistemas límbicos e automáticos, sem uma anormalidade do sistema auditivo, porém advinda do aumento de ligações entre os sistemas auditivos e límbicos (GOMES, 2003).

Alguns fatores, como a reação cognitiva à hipersensibilidade, reação emocional para sons externos e comportamento somático são demonstrados por pessoas que apresentam problemas com hipersensibilidade. De certa forma, é comum a correlação entre hipersensibilidade, zumbido e cefaléias. De acordo com ANARI et al. (1999), é possível segregar os pacientes hipersensíveis nos que apresentam hipersensibilidade com decréscimo no nível de intensidade ao tom puro, denominado limiar de desconforto e os que apresentam hipersensibilidade somente a certos sons (GOMES, 2003).

Autores fazem referência a evidências de hipersensibilidade por meio do Reflexo Acústico do Estapédio, o que sugere um distúrbio de natureza mecânica da orelha média ou interna. A hipersensibilidade se relacionaria a um reflexo incomum ou reduzido, entretanto, se é denotado o fato de que estas diferenças não foram significativas estatisticamente. Em conformidade com outros pesquisadores, KATZ (1999) e WILSON & MORGOLIS (2001), a pesquisa com relação ao Reflexo Acústico do Estapédio também vale para pacientes com dificuldade de testagem, porque apresenta resultados objetivos e claros (GOMES, 2003). Como teste audiológico para identificar a hipersensibilidade, BRANDY & LYNN (1995), KATZENELL & SEGAL (2001) fazem uso do Limiar de Desconforto, que é a mensuração do nível de tolerância para sons intensos. Se necessária a determinação do Limiar de Desconforto, é importante a colaboração do paciente por meio de respostas mais subjetivas, uma vez que este é um teste comportamental (ALMEIDA, 1996) (GOMES, 2003).

Ainda não se é conhecida a origem da hipersensibilidade ao som, em que existe uma variabilidade de hipóteses, que variam de um distúrbio mecânico a alteração no Sistema Nervoso Central (SNC). Em uma recente revisão bibliográfica, KATZENELL & SEGAL (2001) encontraram quatro grupos de causas, sendo elas condições clínicas envolvendo o sistema auditivo periférico, o SNC, causas hormonais ou até mesmo doenças infecciosas e causas desconhecidas (GOMES, 2003). Certos pesquisadores fazem relação da hipersensibilidade à Síndrome de Williams com uma distorção na codificação neural ou alteração no SNC (GOMES, 2003). A partir dos trabalhos supracitados, foi formulado um quadro de relações clínicas que estão associadas à hipersensibilidade sonora, o qual segue disposto abaixo:

Quadro 2 - Associação de patologias à hipersensibilidade

Síndrome de Hunt	Estapedectomia
Doença de Menière	Crise Enxaquecosa
Depressão	Síndrome de Williams
Pós-raqueanestesia	Gagueira
Spina Bífida	Doença de Addison's
Pós-anestesias raque-medulares	Doença de Lyme
Pós-trauma acústico	Uso de opióides
Perda Auditiva Neurosensorial	Doença Lisossômica
Patologias Perilinfáticas	Deficiência de Magnésio
Lesão do Nervo Facial	Envenenamento por Estricnina
Lesão do Nervo Trigêmio	Tétano
Hipercalemia	Transtorno do Espectro Autista
Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR)	

Fonte: GOMES, 2003.

As pessoas com o transtorno do TEA podem eventualmente apresentar uma modificação na reação ou na resposta para os sentidos, que é descrito como defesa sensorial às modalidades táteis (alta sensibilidade ao toque ou às texturas), do paladar, visão (muita sensibilidade luminosa) e, sobretudo, às sonoras através de sensibilidade a sons atípicos (GOMES, 2003). De acordo com GAUDERER (1993), alguns indivíduos com o TEA podem apresentar uma reação exagerada, para mais, os chamados hipersensíveis, ou para menos, os denominados hiposensíveis, a estímulos sensoriais, resultando em uma dificuldade no processamento adequado das informações que adentram pelos sentidos (GOMES, 2003).

Certos pesquisadores comentam acerca de publicações autobiográficas de pessoas com o TEA, as quais descrevem suas experiências sensoriais e de percepção, relatando as anomalias nas percepções sonora, visual, olfativa, gustativa e tátil, do mesmo modo como as sensações cinestésicas e perceptuais (GOMES, 2003). Abaixo seguirão exemplos extraídos de GRANDIN & SCARIANO (1999), (GOMES, 2003):

Essa sensibilidade ao ruído é comum também entre autistas adultos..., ruídos fortes repentinos, como o estouro de um escapamento, me fazem pular, e uma sensação de pânico toma conta de mim. Sons altos e

agudos, como o de motocicletas, ainda me são dolorosos. O clamor de muitas vozes, os diferentes odores, ..., o rumor constante e a confusão, os toques eram uma coisa avassaladora (p. 31-2).

Esse meu encolhimento ao toque, tão típico das crianças autistas, ..., sensibilidade a ruídos repentinos, aparente surdez e intenso desinteresse por odores. (p. 26).

Lembro que ela exalava um perfume forte, que me deixa enjoada cada vez que se aproxima mais de mim. (p. 34).

O estímulo tátil, pra mim e para muitas crianças autistas, é uma situação em que só podemos perder..., porque nos provoca dor e confusão. (p. 38).

Recuei quando ela me beijou, incapaz de suportar os estímulos táteis - nem mesmo os estímulos táteis de natureza amorosa. (p. 73).

...causada pelo fato de eu ser supersensível aos sinais recebidos por meu sistema nervoso através dos sentidos do tato e da audição (p. 79).

Lembro que, quando eu era pequena, gostava um pouco de estímulos dolorosos. (p. 109).

Meus sentidos táteis tinham uma sensibilidade excessiva – eu era defensiva do ponto de vista tátil. (p. 144).

(GOMES, 2003).

Em alguns momentos, os fenômenos explicitados são descritos pelos autores como dolorosos e estressantes, contudo, em algumas outras circunstâncias, são descritos como fonte de prazer e de satisfação, se desdobrando desta maneira em uma situação discrepante. Outros pesquisadores como BETTISON (1996) e KERN (2002) relatam da mesma maneira as dificuldades sensoriais e de percepção das pessoas com o TEA acima citadas, como alterações com relação a cheiros, sons e estímulos táteis (GOMES, 2003). Respostas atípicas a estímulos sensoriais, denotando a sensibilidade aguçada ao som, a atração por certos tipos de estímulos visuais, tolerância a dores e a hipersensibilidade tátil, da mesma forma como transtornos de humor e de afeto e os movimentos repetitivos (estereotipias), são fatores que interferem no comportamento das crianças e adolescentes com o TEA (GADIA & TUCHMAN, 2003), (GOMES, 2003).

Alguns autores afirmam que a hipersensibilidade ao estímulo sonoro e a tendência em realizar estimulação sonora e/ou atitudes motoras de estereotipias são sinais clínicos comuns do TEA (GOMES, 2003). A partir do que foi citado anteriormente, e fazendo a intersecção da opinião de autores especialistas como BETTISON (1996), PHILLIPS & CARR (1998), SANCHEZ et al. (1999), será utilizada a expressão hipersensibilidade auditiva, se remetendo à anomalia que as crianças com o TEA apresentam (GOMES, 2003). Se tratando do aspecto auditivo, existe um paradigma. Em certos momentos, algumas crianças autistas demonstram hipersensibilidade a sons, os considerando ameaçadores, de tal forma que reagem com comportamentos

fisiológicos relacionados, como tapar as orelhas. No entanto, em algumas outras ocasiões, acabam nem respondendo ao ser chamado pelo seu próprio nome, o que faz suspeitar de perda da audição, ou até mesmo demonstram certo encanto por sons específicos (WING, 1981; GAUDERER, 1993), (GOMES, 2003).

JURE et al. (1991) evidenciam que um dos principais aspectos do transtorno é a resposta atípica a sons. Estes mesmos autores, em um artigo referente a alterações no sistema auditivo em indivíduos com o TEA, afirmam que as alterações auditivas e o autismo têm origens distintas, e que não existe relação entre a gravidade da alteração auditiva e a sintomatologia autista (GOMES, 2003). O autor GORDON (1986) descreve que a sensibilidade potencialmente causa um medo constante de estímulos sonoros em crianças com o TEA. Este indica que o dispositivo fundamental está condicionado a aversão à sonoridade e suas associações a fatores sociais, entretanto relaciona grande parte das anomalias de sensibilidade auditiva à uma alteração na orelha média ou interna (GOMES, 2003). A hipersensibilidade sonora é uma característica do Transtorno do Espectro Autista amplamente encontrada no meio acadêmico de pesquisa, ocorrendo em todos os níveis de funcionamento cognitivo. Apesar disto, existem discrepâncias entre as pesquisas (GOMES, 2003). Para ROSENHALL et al. (1999), 18% das pessoas autistas com limites auditivos normais apresentaram hiperacusia com intolerância ao *click* **acima de 70dBnHL**, quando expostos à Audiometria de Tronco Cerebral (GOMES, 2003). É importante destacar que, no presente estudo, as pessoas com alteração sensorioneural foram excluídos com o objetivo de eliminar o risco de recrutamento, alteração semelhante à hiperacusia (GOMES, 2003). Os autores também denotam a comprovação de que este fenômeno é raro em crianças e adolescentes que não possuem características do TEA. EDELSON (1984) mostra que 40% apresentaram inquietação quando expostos a certas sonoridades em frequências específicas (GOMES, 2003).

CALDERON-GONZÁLEZ et al. (1988) relata que, em sua amostra observada pelo método clínico, 15% dos pequenos com o TEA se demonstraram hipersensíveis a estímulos sonoros intensos (GOMES, 2003). Sabe-se que pessoas com o TEA são difíceis de serem avaliadas por meio de testes subjetivos. O uso clínico das Emissões Otoacústicas em crianças com o transtorno é um método objetivo e não-invasivo, mas preciso no que se refere ao nível de estimulação e frequência para a avaliação do sistema auditivo periférico em pacientes que apresentam respostas atípicas pelos

procedimentos de audiometria, por conta de características do comportamento e de interatividade (GOMES, 2003). Se é destacado ainda a relevância deste procedimento, uma vez que, inicialmente, grande parte das crianças com o transtorno possuem suspeita de perda da audição pelos seus pais (GOMES, 2003).

As Emissões Otoacústicas são ondas sonoras geradas no interior da cóclea normal, de forma espontânea ou em resposta à estímulos acústicos, relatando a integridade das vias condutivas e sensoriais (GOMES, 2003). As Emissões Otoacústicas Evocadas ocorrem como consequência de um estímulo externo e podem ser flexibilizadas das seguintes formas: Emissões Otoacústicas Evocadas Transitórias - por estímulos de acústica curtos, Emissões Otoacústicas Estímulo-frequência - através de tons puros contínuos, singulares e de pouca intensidade, Emissões Otoacústicas por Produto de Distorção - por dois tons puros e concomitantes de longa duração, com frequências distintas (KATZ, 1999; LONSBURY-MARTIN, 2001), (GOMES, 2003). Estão sendo relatados pesquisas sobre as reações auditivas em crianças com o transtorno, em que os pais respondem questionários sobre a reação de seus filhos para certos tipos de estímulos sonoros, da mesma maneira como as diferenças singulares na sensibilidade auditiva (GOMES, 2003). Estes dados indicam que as crianças com o TEA demonstram respostas sensoriais não-usuais, o que está relacionado aos aspectos do comportamento de pessoas com o transtorno, assim como a parte social e às dificuldades na comunicação por parte destes (O'NEILL & JONES, 1997), (GOMES,2003).

1.1.2.1 Detalhamento de todas as patologias abrangidas pelo Transtorno do Espectro Autista

xiv Classificação do DSM-5

Transtorno do Espectro Autista (50)

299.00 (F84.0)

Transtorno do Espectro Autista (50)

Especificar se: Associado a alguma condição médica ou genética conhecida ou a fator ambiental; Associado a outro transtorno do neurodesenvolvimento, mental ou comportamental

Especificar a gravidade atual para Critério A e Critério B: Exigindo apoio muito substancial, Exigindo apoio substancial, Exigindo apoio

Especificar se: Com ou sem comprometimento intelectual concomitante, Com ou sem comprometimento da linguagem concomitante, Com catatonia (usar o código adicional 293.89 [F06.1])

Fonte: DSM-5, 2014.

Síndrome de Asperger: Antes considerada uma condição segregada, esta síndrome foi incluída no Espectro Autista. Indivíduos que possuem Asperger enfrentam dificuldades sociais e de se comunicar, juntamente com interesses e estereotípias. Diferente das outras formas de autismo, apresentam atrasos pouco significativos no desenvolvimento da fala ou cognição (UNIVERSO AUTISTA, 2023).

Síndromes genéticas ligadas ao autismo: Síndrome de Rett - condição genética rara que desencadeia dificuldades no desenvolvimento, na comunicação e estereotípias; Síndrome de Angelman - Condição genética que pode apresentar problemas de comunicação e comportamentos repetitivos e restritos; Síndrome do X Frágil - afeta o cromossomo X e pode se desdobrar em obstáculos para o lado comportamental e de comunicação (UNIVERSO AUTISTA, 2023).

Outras síndromes que estão relacionadas: Síndrome de Williams – caracterizada por traços diferentes no rosto e habilidades linguísticas excepcionais, no entanto, pode envolver dificuldades na interação social e na parte emocional, similar ao autismo; Síndrome de Phelan-McDermid –patologia genética que abrange atrasos desenvolvimentais e problemas de comunicação que se remete ao TEA; Síndrome de Fragilidade de X Duplo: condição genética rara com mutações duplicadas no cromossomo X que podem se associar a atrasos no desenvolvimento e aspectos do comportamento relacionados ao TEA (UNIVERSO AUTISTA, 2023).

1.1.2.2 Explicação referente aos diferentes graus do autismo

Nível 1 – Autismo leve: Indivíduos com este grau possuem sintomas menos graves, por isso a denominação “leve”. Os que se enquadram no nível 1 podem apresentar problemas em situações sociais, estereotípias, porém precisam apenas de um pequeno suporte para auxiliá-los em suas tarefas cotidianas. Podem ser capazes de se comunicar por meio de linguagem verbal e de terem relacionamentos. Apesar disto, podem apresentar problemas para manter um diálogo, da mesma forma que para fazer e manter amizades. Sujeitos deste nível podem escolher rotinas estabelecidas e planejadas e se sentirem em situação conflituosa com mudanças ou imprevistos, do mesmo modo que querer fazer determinadas coisas do seu jeito (INSTITUTO NEUROSABER, 2020).

Nível 2 – Autismo moderado: Indivíduos pertencentes a este nível precisam de mais suporte do que as do nível 1. Este é a faixa intermediária do autismo, referente à gravidade de sintomas e necessidade de suporte. Na maioria dos casos, estas possuem maiores problemas com habilidades sociais e com situação sociais, em comparação ao nível anterior, podem ou não se comunicar via linguagem verbal, e se eventualmente o fizerem, seus diálogos podem ser breves ou apenas sobre assuntos específicos. Assim, podem precisar de suporte para o desenvolvimento de atividades sociais. O comportamento não verbal de pessoas do nível intermediário pode ser mais atípico, podem não querer olhar na direção dos olhos com alguém que está falando com elas, evitar contatos visuais e não conseguir demonstrar emoções através da fala ou expressões faciais. Apresentam estereotípias, com uma gravidade maior que a do nível 1. Outrossim, preferem seguir rotinas já estabelecidas ou hábitos repetitivos que, se interrompidos, podem ocasionar desconfortos e/ou perturbação (INSTITUTO NEUROSABER, 2020).

Nível 3 – Autismo severo: Sujeitos deste nível necessitam de muito apoio, uma vez que é a forma mais grave do Transtorno do Espectro Autista. Pessoas deste grau apresentam grandes dificuldades de comunicação, interação social e possuem comportamentos estereotipados que dificultam sua independência nas atividades do dia a dia. Mesmo que alguns indivíduos do nível 3 possam se comunicar verbalmente, grande parte não fala ou não utiliza muitas palavras para se expressar. A maioria dos casos apresentam grandes problemas com imprevistos, podem ser exacerbadamente ou minimamente sensíveis a alguns estímulos sensoriais e apresentam estereotípias,

como balanço e ecolalia. Necessitam fortemente de suporte para o desenvolvimento de habilidades fundamentais da vida cotidiana (INSTITUTO NEUROSABER, 2020).

1.1.2.3 Versando um pouco melhor sobre os cordões de inclusão do autismo

Figura 9 - Cordão de Girassol



Fonte: LINKEDIN, 2023.

Cordão de Girassol: Foi criado no Reino Unido, no ano de 2016, pela Hidden Disabilities Sunflower Scheme e é utilizado para identificar *peessoas com deficiências ocultas*, como o autismo, dificuldades de aprendizado, demência, etc.. A idealização surgiu da necessidade de identificar estas pessoas em locais públicos, para a garantia

de ajuda necessária sem muitas explicações. O cordão é verde e possui girassóis amarelos, o girassol foi escolhido por ser uma flor que sempre se orienta para a fonte de luz, o que simboliza a necessidade de suporte. Entre as principais vantagens do uso deste é o maior entendimento e paciência do público e de funcionários, atendimento priorizado e redução de situações desconfortantes para sujeitos que possuem deficiências ocultas (EMBARCA.AI, 2024).

Figura 10 - Cordão do Autismo



Fonte: PULSEIRAS ONLINE, 2024.

Este cordão geralmente possui a cor azul (símbolo do autismo) e desenhos de quebra-cabeças coloridos, para representar a complexidade do transtorno. Ajuda na identificação de pessoas com o TEA, de modo que estas recebam apoio adequado. A cor azul foi definida pela Organização das Nações Unidas (ONU) para a representação do TEA, uma vez que dá a sensação de calma e segurança. Dentre os prós da utilização deste artefato, estão: facilitar a comunicação e compreensão das necessidades características de sujeitos com este transtorno, garantia de serviço prioritário em praticamente todos os setores e ajuda na redução do excesso de estímulos sensoriais e com isso o estresse em ambientes com muitas pessoas (EMBARCA.AI, 2024).

1.1.3 Microcontroladores em Geral

Microcontroladores são pequenos computadores contidos em um único chip que possui um processador, periféricos de entrada e de saída e memória. Foram

projetados para a execução de tarefas específicas e são muito utilizados nas áreas de sistemas embarcados, sistemas de automação, robótica e eletrônica de consumo. A relevância destes pequenos dispositivos se deve à sua capacidade de realizar o controle e monitoramento de outros dispositivos, o que os torna cruciais em diversas aplicações da contemporaneidade (APRENDENDO FÁCIL, 2024).

História - O início do desenvolvimento destes circuitos microcontroladores se deu em meados da década de 1970, em que os chips pioneiros de microprocessadores foram criados. O primeiro microcontrolador comercial desenvolvido, Intel 4004, teve seu lançamento em 1971 e possuía quatro bits. A partir de aí, a evolução dos microcontroladores foi exponencialmente rápida, onde, com o surgimento de modelos mais tecnológicos, como por exemplo os de 16 e 32 bits, proporcionam ao usuário maior capacidade processual e funcionalidades. A redução do aspecto físico destes circuitos e a redução de custos para produção também corroboraram na popularização destes componentes em diversos setores industriais. Traduzindo sua definição em miúdos, um microcontrolador é um Circuito Integrado (CI) que se configura com processadores, memórias (seja RAM ou ROM) e interfaces de entrada e saída em um único componente, o chip. Foi idealizado para trabalhar com programas de controle e automação, viabilizando a realização de tarefas específicas por parte dos dispositivos eletrônicos. Estes são programáveis, isto é, podem ser configurados para realizarem mais de uma função, a depender do projeto em que está inserido. Possuem extrema importância em operações que necessitam de controle preciso e resposta rápida para eventos externos (APRENDENDO FÁCIL, 2024).

Aplicações - Alguns exemplos da aplicação destes CIs são, por exemplo, em eletrodomésticos como microondas e máquinas de lavar, ajudando no ajuste de aspectos como temperatura e temporização. Nos automóveis, são utilizados para gerenciar sistemas de injeção eletrônica e controle da estabilidade do veículo. Dentre os principais fatores que indicam sua importância, estão o controle de maquinários, sistemas e processos industriais de forma mais eficiente e segura, na saúde, utilizados em dispositivos médicos, como monitoramento de bombas de insulina, dentre outros, e, no transporte, são relevantes para o monitoramento de sistemas de tráfego e de veículos. Todas estas possibilidades de aplicações também se deve ao fato de que são muito versáteis aplicáveis em diversos segmentos, até mesmo, como mencionado, fora do âmbito industrial (APRENDENDO FÁCIL, 2024).

1.1.3.1 ESP-32: História, características gerais e aplicações

No ano de 2015, uma empresa da China denominada Espressif lançou no mercado o microcontrolador ESP8266. Este foi um marco tecnológico da época, dado que possuía, contido em sua estrutura, circuitos de WiFi embutidos no chip e um preço consideravelmente baixo. O uso deste dispositivo foi bem difundido, em razão desta versatilidade. A partir do desenvolvimento e da criação deste modelo, a empresa chinesa Espressif lançou, no ano de 2016, uma evolução deste microcontrolador e com recursos que ultrapassaram o WiFi, como a tecnologia Bluetooth, o ESP32. Versando um pouco mais sobre o seu chip, este possui dois microprocessadores Xtensa (r) 32-bit LX6 com até 600 DMIPS (velocidade para processamento de dados). Sua frequência de clock pode chegar a 240 MHz, a depender do modelo em questão. O mais comum é a frequência de 160 MHz (o equivalente a dez vezes o clock do Arduino UNO (ELETROGATE, 2024).

Características gerais do microcontrolador:

- ☐ Memória ROM interna de 448K Bytes (para Boot e Core);
- ☐ Memória RAM estática interna de 520k Bytes;
- ☐ Memória externa (total 4) - suporte para até 16M Bytes Flash e 16M Bytes SRAM;
- ☐ 1k Bit de Fusíveis eletrônicos (para segurança e criptografia);
- ☐ Real Time Clock com 16k Bytes de SRAM;
- ☐ Interface WiFi 802.11 b/g/n - 802.11 n (2.4 GHz), até 150 Mbps;
- ☐ Interface Bluetooth v4.2 BR/EDR e Bluetooth LE (Low Energy)
- ☐ Dois grupos de Timers – 4 timers de 64 Bits;
- ☐ Aceleradores de hardware (criptografia) - AES, SHA, RSA e ECC;
- ☐ Alimentação Vcc de 2.3V a 3.6V Corrente Contínua (CC);
- ☐ Consumo de corrente máximo com WiFi – 240mA

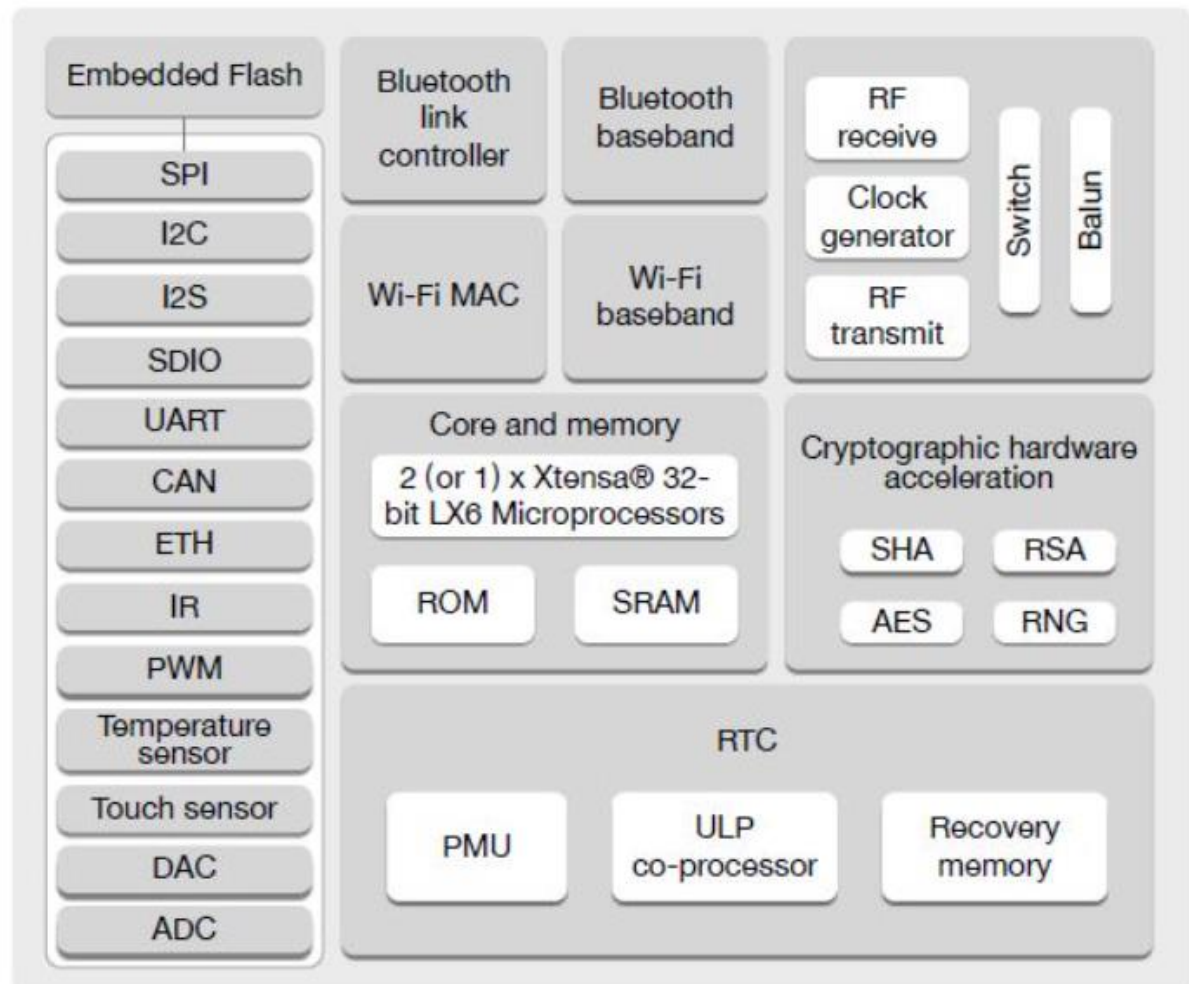
(ELETROGATE, 2024).

Periféricos do Chip ESP32:

- ☐ 34 x portas programáveis GPIOs;
- ☐ 2 x Conversores ADC SAR 12-bits com até 18 canais;
- ☐ 2 x Conversores DAC de 8-bits;
- ☐ 10 x sensores de toque;
- ☐ Sensor de Temperatura;
- ☐ 4 x interfaces SPI – clock até 40 MHz!;
- ☐ 2 x interfaces I2S – clock até 40 MHz!;
- ☐ 2 x interfaces I2C - até 5 Mbps;
- ☐ 3 x interfaces seriais UART - até 5 Mbps!;
- ☐ 1 Host (SD/eMMC/SDIO) para controle de SD Cards;
- ☐ 1 Escravo (SDIO/SPI);
- ☐ Interface Ethernet MAC (necessita acessório);
- ☐ Interface CAN 2.0;
- ☐ Interface Infra-vermelho (Tx/Rx);
- ☐ Controle de Motor PWM;
- ☐ Controle de LED PWM até 16 canais;
- ☐ Sensor interno Hall.

(ELETROGATE, 2024).

Figura 11 – Diagrama em blocos do chip do ESP

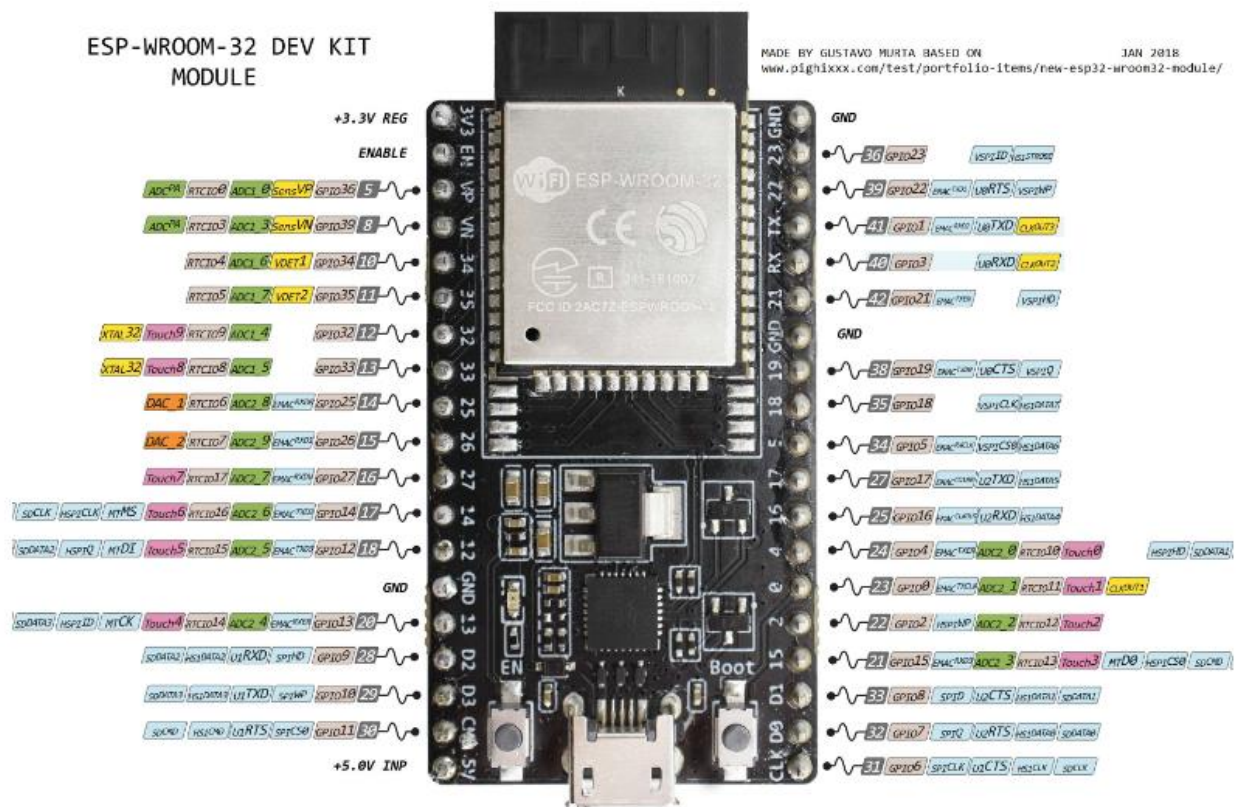


Fonte: ELETROGATE, 2024.

e outra com 38 pinos. Entretanto, é pouco significativa suas diferenças, uma vez que na placa de 30 pinos não estão contidos os pinos para interface com o SD card (SD0, SD1, SD2, SD3, CMD e CLK). Não se aconselha utilizar estes pinos, pois são usados pela memória Flash do módulo ESP32 (ELETROGATE, 2024).

As placas ESP32 DevKit já possuem um regulador de tensão de 3.3V, um chip para a interface Serial-USB, conector micro-USB, um LED e botões de resetar (EN) e de carregamento (BOOT), em que pode ser utilizada de forma semelhante a uma placa Arduino (ELETROGATE, 2024).

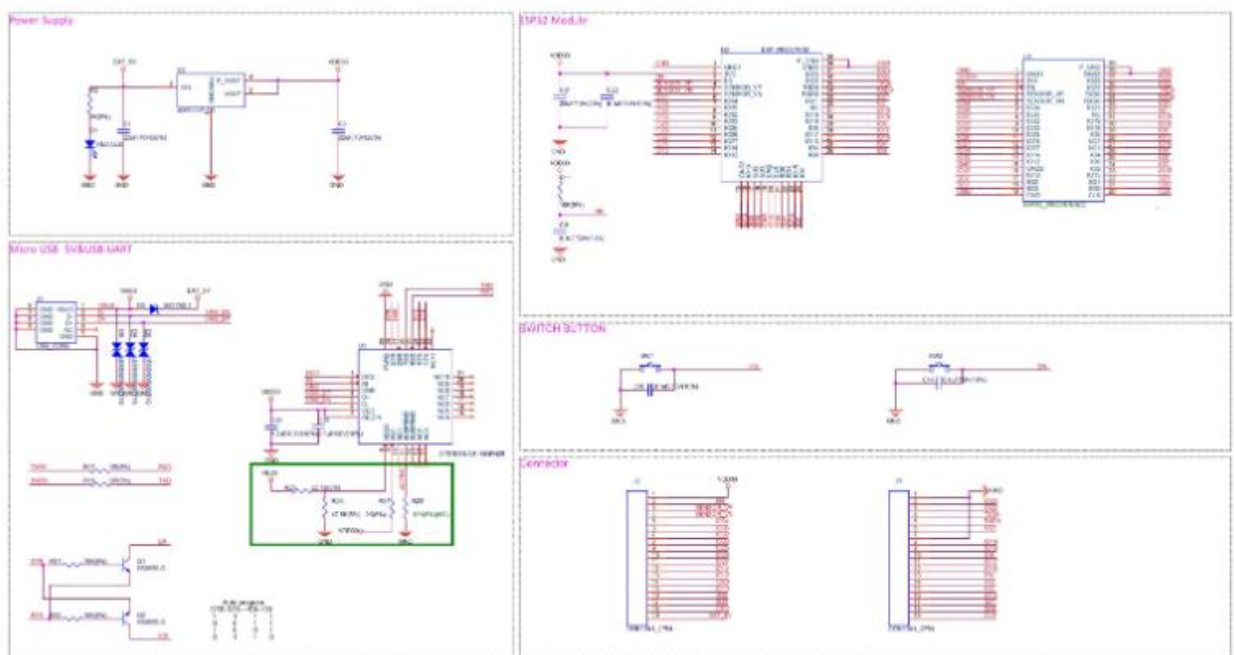
Figura 14 – Os 38 pinos da placa ESP32 DevKit



Fonte: ELETROGATE, 2024.

Abaixo, segue o diagrama esquemático (e elétrico) do circuito da placa ESP-32 DevKit - Versão 4 da empresa Espressif:

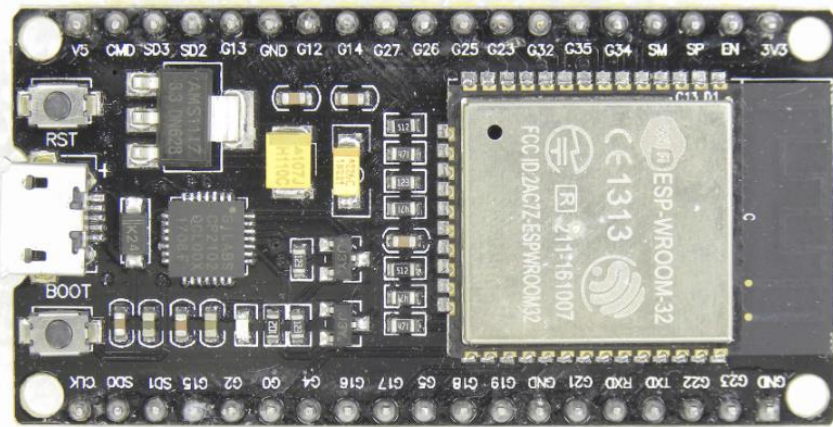
Figura 15- Esquemático ESP-32 DevKit



Fonte: ELETROGATE, 2024.

OBS. : As opções para alimentar a placa são mutuamente exclusivas, o que significa que somente poderá ser utilizada uma delas: 5V, 3.3V ou USB.

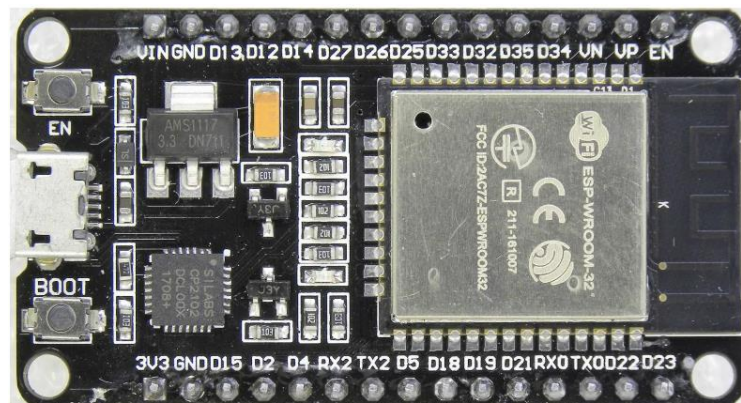
Figura 16 – Placa ESP32 DevKit 38 pinos (Versão Real)



Fonte: ELETROGATE, 2024.

OBS: O pino 33, na imagem, está identificado de forma inadequada, em que está descrito como G23, no entanto, o correto é G33 (entre os pinos G25 e G32) (ELETROGATE, 2024).

Figura 17 – Placa ESP32 DevKit 30 pinos (Versão Real)



Fonte: ELETROGATE, 2024.

1.1.4 Definição, história e aplicações da tecnologia Bluetooth

Figura 18 – Logotipo Bluetooth



Fonte: PIXABAY, 2024.

O Bluetooth é um tipo de comunicação wireless, que permite a comunicação com dados entre computadores, TVs, celulares, entre outros e se conectem a mouses, fones de ouvido, etc. Por meio de ondas de rádio. Ele surgiu da necessidade de fazer com que haja uma rapidez no interligamento destes aparelhos, tirando os problemas com cabos/fios, com tanto que estejam próximos. Examinando com mais cuidado a sua conceituação, Bluetooth é um padrão global de comunicação sem fio com baixo consumo de energia, o que viabiliza a transmissão de dados entre os mais diversos dispositivos, partindo da premissa que estão próximos. Para isto funcionar, é preciso uma combinação entre hardware e software, de modo que esta comunicação possa se dar com os mais variados aparelhos eletrônicos (INFOWESTER, 2023).

Um pouco da história de surgimento da tecnologia – Tudo começou em 1994, em que a Ericsson realizava pesquisas sobre como desenvolver uma tecnologia que possibilitasse a comunicação entre telefones celulares e acessórios por meio de ondas de rádio, com baixo custo e em vez de utilizar cabos. Este estudo foi desenvolvido a partir de um projeto que investigava o uso de meios de comunicação em redes de telefones celulares, o que resultou na criação de um sistema de rádio de curto alcance, denominado MC-Link. Com a evolução deste, a empresa Ericsson vislumbrou o sucesso da tecnologia: a principal vantagem era a relação custo/benefício e a facilidade de aplicação (INFOWESTER, 2023).

No ano de 1997, outras empresas começaram a se interessar pelo projeto e logo passaram a fornecer apoio para o desenvolvimento da pesquisa. Em razão disto, em

1998 foi criado o consórcio Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG), composto pelas seguintes corporações: Ericsson, Intel, IBM, Toshiba e Nokia (outras foram se interessando com o tempo). É importante perceber que, a priori, o grupo envolvia duas potências da área de telecomunicação (Ericsson e Nokia), duas empresas de referência na fabricação de computadores, a IBM e a Toshiba, e por último mas não menos importante a líder em desenvolvimento de chips e processadores, a Intel. Esta “combinação de gigantes” foi crucial para que pudessem ser desenvolvidos padrões de garantia de uso e de interoperabilidade da tecnologia em muitos tipos de dispositivos eletrônicos (INFOWESTER, 2023). Foi a partir deste momento que a idealização da tecnologia Bluetooth se concretizou, partindo desta nomenclatura. O termo Bluetooth é uma forma de homenagem a um rei da Dinamarca chamado Harald Gormsson, que era comumente conhecido por Harald Bluetooth (Haroldo Dente-Azul). Este rei realizou grandes feitos, dentre estes a unificação da Noruega e da Dinamarca, e é a partir desta ideia que surgiu o nome do sistema de comunicação, para expressar que a presente tecnologia viabiliza a unificação de muitos dispositivos. Não é coincidência também que o logotipo desta consiste na união de dois símbolos nórdicos, os quais correspondem às iniciais da majestade (INFOWESTER, 2023).

O Bluetooth foi desenvolvido para funcionar em toda e qualquer parte do planeta, por isto, é preciso que haja a adoção de uma frequência de rádio aberta e aceita em quase todos os locais. A faixa Industrial, Scientific, Medical (ISM), a qual possui frequência de operação de 2.45 GHz é a mais próxima do ideal, sendo utilizada em diversos países, nos quais os modelos variam de 2.4GHz a 2.5GHz. Como esta faixa é aberta, é preciso garantir que o sinal do Bluetooth não sofra interferências e não gere “sujeira” no sinal. O padrão de comunicação Frequency Hopping – Code-Division Multiple Access (FH-CDMA) utilizado na tecnologia Bluetooth possibilita esta proteção, dado que reparte a frequência entre vários canais. O dispositivo que possibilita a conexão muda de um canal para outro rapidamente, o que é chamado de “Frequency Hopping” (Salto de Frequência), o que possibilita que a largura de banda seja bem estreita, o que reduz significativamente os riscos de interferência. (INFOWESTER, 2023).

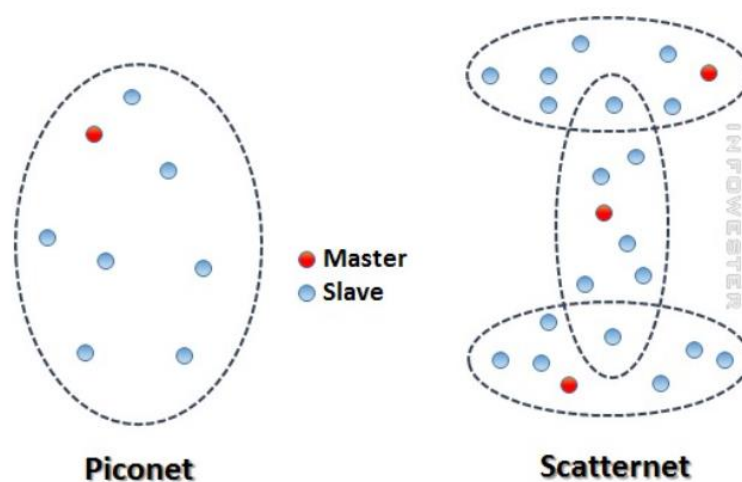
Como um aparelho se comunicando através do Bluetooth pode receber e/ou transmitir dados, tecnologia denominada full-duplex, a transmissão se alterna entre slots para realizar a transmissão e slots para a recepção de dados, o que é chamado de Frequency Hopping / Time Division Duplex (FH/TDD). Os slots são canais separados em períodos de 625 microssegundos. Cada salto da frequência precisa ser ocupado por um destes slots, fazendo com que se obtenha, a cada 1 segundo, 1600 saltos. No que se remete à ligação entre o emissor e receptor, o Bluetooth faz uso, basicamente, de dois padrões, os quais são: Synchronous Connection-Oriented (SCO) e Asynchronous Connection-Less (ACL). O SCO estabelece uma sincronização de link entre o emissor e o receptor, dividindo slots para cada um. Este padrão é aplicado no envio contínuo de dados, como transmissão de voz, entre outras. Para que isto seja possível, esta técnica não retransmite pacotes de dados perdidos. Na perda de transmissão de áudio, por exemplo, o componente receptor reproduz um som com ruído. Em contrapartida, o ACL possibilita o reenvio de pacotes de dados perdidos, zelando pela integridade das informações trocadas entre os dispositivos. Desta maneira, este padrão é eficaz para aplicações que possuem transferências de arquivos, entre outros (INFOWESTER, 2023).

O envio de dados é realizado através de sinais de radiofrequência, fato que viabiliza a conexão entre dispositivos independentemente de suas posições físicas, sendo preciso que estes estejam dentro dos limites de proximidade (na maioria dos casos, quanto mais próximo, melhor se torna a conexão). Ele é segregado em três classes principais: Classe 1 – Com potência de, no máximo 100 mW e alcance de até 100 metros, a Classe 2, com potência máxima de 2.5mW e alcance de até 10 metros e a Classe 3, com uma potência de, no máximo, 1mW e área de alcance de até 1 metro. Dentre estas, a mais utilizada é a Classe 2, por isto a maioria dos dispositivos com a tecnologia possui alcance de até 10 metros. Ainda possui-se a Classe 4, para dispositivos de baixo consumo energético, em que sua potência é de 0.5mW e área de alcance é de cerca de 0.5 metros (INFOWESTER, 2023).

A transmissão de dados por Bluetooth possui velocidade de 1 Mb/s (Versão 1.2) e 3 Mb/s (Versão 2.0). Mesmo que relativamente baixas, estas velocidades são suficientes para conexões satisfatórias entre quase todos os dispositivos. Não obstante, a necessidade de velocidades mais satisfatórias é constante, em que, por exemplo, a versão 5.0 pode atingir valores de velocidade de até 50 Mb/s

(INFOWESTER, 2023). Rede Piconet é a associação de dois ou mais aparelhos via Bluetooth, na qual o aparelho que iniciou a comunicação é o master (mestre) e os outros são slave (escravos). O mestre tem de regular a transmissão de dados na rede e a sincronização dos dispositivos. Cada rede Piconet suporta até oito equipamentos, sendo um mestre e sete escravos. Apesar disto, é possível aumentar este número pela técnica denominada “sobreposição de piconets”, em que o princípio é fazer uma Piconet se comunicar com outra Piconet que respeita a área de alcance, o que é chamado de Scatternet. É interessante destacar que, com esta forma, um aparelho slave pode pertencer a mais de uma Piconet simultaneamente. Porém, um master só pode desempenhar esta função em uma única e exclusiva rede Piconet.

Figura 19 – Enlaces de dispositivos por mais de uma rede Piconet



Fonte: INFOWESTER, 2024.

A fim de que seja possível que cada dispositivo conheça quais são os outros de sua Piconet, é preciso realizar um método de identificação. Com este intuito, o aparelho que se deseja conectar a uma Piconet já existente pode emitir um Inquiry (sinal de comunicação). Os outros aparelhos que recebem este sinal respondem com um pacote de Frequency Hopping Synchronization (FHS), de forma que seja informado a sua identificação e dados de sincronização da rede Piconet. A partir destes dados, o dispositivo pode emitir um sinal denominado Page, com a função de estabelecer conexão com outro dispositivo (INFOWESTER, 2023).

O Bluetooth é uma tecnologia que dispõe de economia de energia como pró. Por esta razão, um terceiro sinal, chamado Scan, é utilizado para fazer com que dispositivos inutilizados no momento entrem em stand-by, ou seja, trabalhem em um “modo de descanso”, o que reduz significativamente o consumo de energia elétrica. Entretanto, os aparelhos que se encontram nesta situação são obrigados a “acordar” a cada determinado período, a fim de que seja verificado se existem outros dispositivos tentando se conectar. O Bluetooth precisa de vários protocolos para funcionar, onde cada um realiza uma parte específica do processo. Os fundamentais são denominados por Protocolos Núcleo ou Protocolos de Transporte e são divididos, de forma sucinta, nas camadas dispostas a seguir (INFOWESTER, 2023):

- ❑ RF (Radio Frequency): como o nome indica, camada que lida com os aspectos relacionados ao uso de radiofrequência;
- ❑ Baseband: camada que determina como os dispositivos localizam e se comunicam com outros dispositivos pelo Bluetooth. É aqui, por exemplo, que se define como dispositivos se conectam dentro de uma piconet, sendo também onde os padrões SCO e ACL (mencionados anteriormente) atuam;
- ❑ LMP (Link Manager Protocol): essa camada responde por aspectos da comunicação em si, lidando com parâmetros de autenticação, taxas de transferência de dados, criptografia, níveis de potência, entre outros;
- ❑ HCI (Host Controller Interface): camada que disponibiliza uma interface de comunicação com hardware Bluetooth, proporcionando interoperabilidade entre dispositivos distintos;
- ❑ L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol): essa camada serve de ligação com camadas superiores e inferiores, lida com parâmetros de QoS (Quality of Service – Qualidade de Serviço), entre outros.

Fonte: INFOWESTER, 2023.

Ainda podem ser citados os Protocolos Middleware, os quais tornam possível a compatibilidade com outras aplicações que já existem, através de protocolos e padrões de outras entidades, como por exemplo o Internet Protocol (IP), o Wireless

Application Protocol (WAP), o Object Exchange (OBEX) e o Point-to-Point Protocol (PPP). O grupo Protocolos de Aplicação faz referência ao uso do Bluetooth em si pelos dispositivos. Com a intenção de que sejam compatíveis e interoperantes, estes protocolos são separados por perfis, nos quais cada perfil Bluetooth especifica a forma como um equipamento deve realizar a implementação da tecnologia. Existem, por exemplo, perfil para sincronização de dispositivos, perfil para fones de ouvido sem fio etc. (INFOWESTER, 2023).

O Bluetooth possui uma gama de versões, dado que passa por um processo de evolução e aprimoramento constante. Com isto, abaixo segue uma lista contida na referência de pesquisa utilizada, de todas as versões existentes até o ano de 2023:

- Bluetooth 1.0 e 1.0B – O Bluetooth 1.0 e 1.0B representam as primeiras especificações do Bluetooth. Por isso, os fabricantes encontravam problemas que dificultavam a sua implementação e a interoperabilidade entre dispositivos – nessa época, a tecnologia ainda estava “crua”, por assim dizer. A velocidade padrão do Bluetooth 1.0 é de 721kb/s;
- Bluetooth 1.1 - Lançado em fevereiro de 2001, o Bluetooth 1.1 marca o estabelecimento do Bluetooth como o padrão IEEE 802.15. Nele, muitos problemas encontrados na versão 1.0B foram solucionados e o suporte ao RSSI (Received Signal Strength Indication), sistema que mede a potência de recepção de sinal, foi implementado. A velocidade padrão foi mantida em 721 kb/s;
- Bluetooth 1.2 - Lançado em novembro de 2003, o Bluetooth 1.2 tem como principais novidades conexões mais rápidas, proteção melhorada contra interferências, suporte aperfeiçoado a scatternets e processamento de voz mais avançado. Essa versão também não trouxe alteração no limite de transferência de dados;
- Bluetooth 2.0 e EDR – O Bluetooth 2.0 surgiu oficialmente em novembro de 2004 e trouxe importantes aperfeiçoamentos à tecnologia: diminuição do consumo de energia, aumento na velocidade de transmissão de dados para até 3 Mb/s (2,1 Mb/s efetivos), correção das falhas existentes na versão 1.2 e comunicação melhorada entre os dispositivos. A velocidade maior dessa versão, na verdade, é “opcional”. Isso porque o Bluetooth 2.0 passou a contar com o padrão EDR (Enhanced Data Rate), que consegue praticamente triplicar a taxa de transferência de dados da tecnologia. Um dispositivo Bluetooth 2.0 não precisa, obrigatoriamente, do EDR para funcionar. Nessa circunstância, todas as características dessa versão continuam presentes, mas a sua velocidade se mantém em até 721 kb/s;
- Bluetooth 2.1 e EDR - Lançada em agosto de 2007, o Bluetooth 2.1 possui como principais destaques o acréscimo de mais informações nos sinais Inquiry (permitindo um processo de seleção apurado dos dispositivos antes de uma conexão ser estabelecida), melhorias nos procedimentos de segurança (inclusive nos recursos de criptografia) e gerenciamento aprimorado do consumo de energia. A velocidade é a mesma do Bluetooth 2.0, havendo inclusive compatibilidade com o EDR;
- Bluetooth 3.0 e HS - Versão lançada em abril de 2009, tem como principal atrativo taxas altas de velocidade de transferência de dados. Dispositivos compatíveis com o Bluetooth 3.0 podem atingir a marca de 24 Mb/s de transferência. O “truque” para taxas tão elevadas está na incorporação de transmissões 802.11. Outra vantagem existente aqui é o controle mais inteligente do gasto de energia exigido para as conexões. Apesar da expressiva evolução, o Bluetooth 3.0 é compatível com as versões anteriores da tecnologia. As velocidades mais altas do Bluetooth 3.0 só podem ser alcançadas em dispositivos compatíveis com as instruções HS (High Speed), característica equivalente à relação entre o Bluetooth 2.0 (ou 2.1) e o EDR;
- Bluetooth 4.0 - As especificações dessa versão foram anunciadas em dezembro de 2009 e o seu principal diferencial está no aspecto da economia: o Bluetooth 4.0 é capaz de exigir muito menos energia quando o dispositivo está ocioso, característica interessante, por exemplo, para telefones celulares que consomem energia quando o Bluetooth não está sendo utilizado, mas permanece ativo. A ideia aqui, na verdade, foi a de fazer a tecnologia ser incorporada a dispositivos bastante portáteis e que, por isso, realmente lidam com pouca energia. Apesar do foco em dispositivos do tipo, o Bluetooth 4.0 pode trabalhar com aparelhos mais exigentes, pois também engloba as características do Bluetooth 3.0. a taxa máxima de transferência de dados, inclusive, se manteve;
- Bluetooth 4.1 - Especificação que surgiu no final de 2013. O Bluetooth 4.1 é tido como uma revisão do Bluetooth 4.0, incorporando recursos que tornam a tecnologia ainda mais receptiva

a dispositivos móveis, especialmente aqueles que se enquadram na chamada Internet das Coisas. Aqui, a economia no consumo de energia ganhou mais importância. Por conta disso, o Bluetooth 4.1 traz características que o tornam menos exigente em relação ao uso de recursos, como um modo de trabalho que mantém o módulo de Bluetooth quase inativo quando o dispositivo é afastado de uma conexão, voltando ao estado normal somente quando a conexão é restaurada (funcionalidade já existente, mas que foi aperfeiçoada). A velocidade máxima permanece em 24 Mb/s. Como o Bluetooth consiste, basicamente, em melhorias feitas em protocolos e parâmetros, muitos dispositivos com Bluetooth 4.0 ganharam suporte ao Bluetooth 4.1 com uma simples atualização de software;

- Bluetooth 4.2 - Apresentado no final de 2014, o Bluetooth 4.2 trouxe diferenciais importantes. Entre outros protocolos, a versão tem pleno suporte ao IPv6 para tornar a tecnologia ainda mais relevante para a Internet das Coisas: câmeras de segurança, lâmpadas inteligentes, termostatos e outros dispositivos domésticos podem usar a tecnologia de modo otimizado para comunicação no mesmo ambiente ou para acesso à internet. O Bluetooth 4.2 também usa criptografia avançada do tipo FIPS (Federal Information Processing Standard) nas conexões e tem controle mais rigoroso da segurança, característica que assegura que apenas dispositivos devidamente autorizados se conectem a outros. A velocidade de transferência de dados permanece padronizada em 24 Mb/s, mas o Bluetooth 4.2 suporta tráfego de dados maior, ou seja, os dispositivos podem enviar e receber mais informações ao mesmo tempo;
- Bluetooth 5 – O Bluetooth 5 foi apresentado oficialmente no final de 2016. Essa versão permite que dispositivos se comuniquem em distâncias de até 40 metros (relembrando, os padrões anteriores trabalham, em média, com até 10 metros, embora seja possível alcançar distâncias maiores neles). Além disso, aqui, a velocidade passou de 24 Mb/s para 50 Mb/s. Outros recursos do Bluetooth 5 incluem o uso de técnicas que diminuem o risco de interferências em redes Wi-Fi ou LTE, suporte a mais dispositivos conectados ao mesmo tempo (novamente, para corresponder às necessidades da Internet das Coisas), funções para facilitar a geolocalização dos equipamentos conectados e ainda mais controle sobre o consumo de energia;
- Bluetooth 5.1, Bluetooth 5.2 e Bluetooth 5.3 - Como os números nos nomes sugerem, essas são versões que incrementam as especificações do Bluetooth 5. O Bluetooth 5.1, por exemplo, adiciona à tecnologia recursos que facilitam a localização de um dispositivo compatível em determinado local. Por sua vez, o Bluetooth 5.2 se destaca por trazer LE Audio, característica que pode melhorar a qualidade sonora de um dispositivo ao mesmo tempo em que otimiza o consumo de energia da conexão. Já o Bluetooth 5.3 torna a tecnologia ainda mais adequada para dispositivos de Internet das Coisas (como alto-falantes ou lâmpadas inteligentes) e wearables (como relógios e pulseiras inteligentes);
- Bluetooth 5.4 - O Bluetooth 5.4 é uma versão anunciada em 2023 que traz como destaque um recurso de nome PAwR (Periodic Advertising With Responses) para facilitar transmissões de um dispositivo para muitos exigindo baixo consumo de energia.

Fonte: INFOWESTER, 2023.

É interessante denotar que, mesmo que existam diversas versões da tecnologia Bluetooth, isto não significa que uma versão mais atual não funcione com outra mais antiga, com algumas possíveis exceções. Porém, se um dispositivo de tecnologia Bluetooth da versão 5.0 se conectar com outro da versão 4.1, a taxa de velocidade de transmissão de dados se limitará ao que é suportado pela versão mais antiga (INFOWESTER, 2023).

Bluetooth Low energy: Em concomitância com a versão 4.0 do Bluetooth, o Bluetooth SIG trouxe uma variação desta tecnologia, denominada Bluetooth Low Energy (ou Bluetooth LE/BLE). É um modelo de dispositivo em que a tecnologia consome uma quantidade consideravelmente pequena de energia elétrica, como sugere a própria nomenclatura, menos consumo do que as versões comuns. Esta versão do Bluetooth pode ser utilizada em acessórios médicos portáteis, pulseiras inteligentes etc., visto que, por serem equipamentos portáteis, utilizam baterias com

baixa capacidade de armazenamento. O Bluetooth Low Energy surgiu por esta necessidade de redução de consumo em determinados dispositivos. Para que isto seja possível, a tecnologia utiliza duas técnicas, em que uma delas é a atenuação da taxa de velocidade de transferência de dados, o que comumente não ultrapassa o limite de 1 Mb/s. Outra técnica para a redução de consumo é a maior limitação na área de alcance para comunicação, em que esta tecnologia opera em uma área de alcance de até 30 metros de forma eficaz, mas é possível atenuar fortemente o consumo de energia caso os dispositivos estiverem bem próximos (INFOWESTER, 2023).

1.1.5 Tecnologia Wi-Fi de comunicação

O Wi-Fi, que também é chamado de IEEE 802.11, é uma tecnologia de comunicação sem fio e se tornou o principal ponto de acesso para a Internet em todo o mundo, pois permite que muitos dispositivos se conectem de forma veloz à internet. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) é uma empresa de tecnologia que possui uma função muito importante na padronização de tecnologias, e, entre elas, o Wi-Fi, pois estabelece especificações técnicas e diretrizes que visam zelar pela interoperabilidade e pelo funcionamento eficiente destas tecnologias. A origem do termo não é muito determinada, em que a hipótese mais aceita é a de a expressão se referir à Wireless Fidelity, o que, na tradução livre, significa “Fidelidade sem fio”. Existem outras teorias que apontam para um surgimento no marketing da nomenclatura, por sua sonoridade amigável que permite a uma rápida popularização (ALURA, 2023).

Se tratando um pouco mais sobre a parte histórica da tecnologia, a internet vem evoluindo desde os anos 1960, com a ARPANET, surgimento do protocolo TCP/IP, liberação da internet para uso público e comercialização nos anos 1990 etc.. Contudo, somente no final da última década do primeiro milênio que pesquisadores da Commonwealth Scientific Industrial Research Organization (CSIRO) abriu-se portas para o surgimento da tecnologia, pois esta organização desenvolveu um método possível de transmissão de dados com ondas de radiofrequência de alta frequência, o que possibilitou o desenvolvimento do padrão de comunicação que hoje é denominado Wi-Fi (ALURA, 2023).

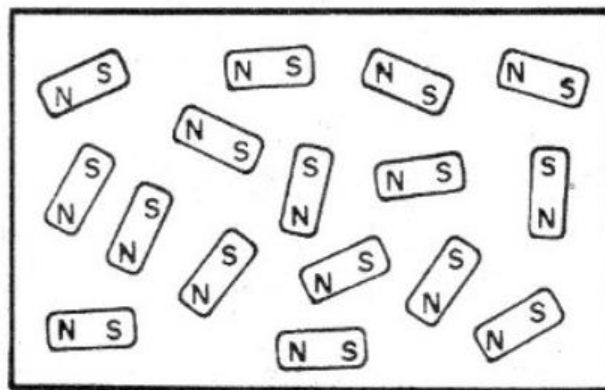
Existem diversos padrões de rede sem fio, como por exemplo 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ax e 802.11be. Estas padronizações trabalham com

diferentes frequências, que vai de 2.4 GHz a 6 GHz e até mais. Uma característica da tecnologia que se deriva das frequências é que redes conectadas em bandas diferentes não conseguem se comunicar, o que contribui para a atenuação de riscos relacionados às interferências e para um desempenho seguro (ALURA, 2023).

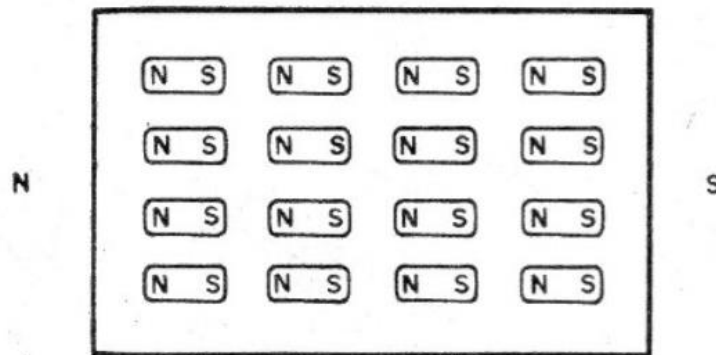
1.1.6 Microfones de Eletreto

Os microfones de eletreto são tecnologias fundamentadas em propriedades elétricas de substâncias que são denominadas eletretos. Para entender seu princípio de funcionamento, é interessante se pensar em um ímã: em um material comum como o ferro, é possível encontrar uma enorme quantidade de pequenos ímãs que estão completamente desordenados. Assim, seus campos magnéticos se anulam e o material em sua totalidade não apresenta propriedades magnéticas palpáveis. Porém, se através de algum processo físico-químico for possível organizar estes pequenos ímãs, de modo a orientar as linhas do campo magnético, seus efeitos são integrados e estes agem sobre todo o material (INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024).

Figura 20 – Analogia do funcionamento: ímãs



NUM MATERIAL COMUM OS ÍMÃS
ELEMENTARES ESTÃO DESORIENTADOS.

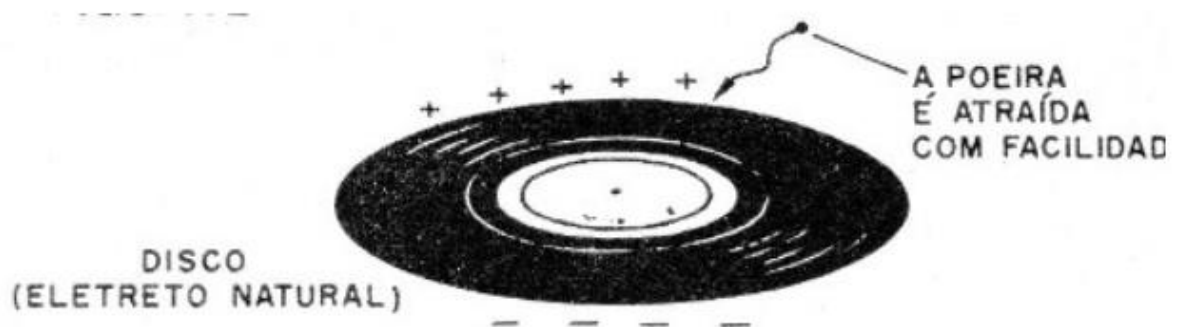


NUM ÍMÃ OS ÍMÃS ESTÃO ORIENTADOS.

Fonte: INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024.

O material, a partir desta modificação, passa a se comportar como um ímã comum, com polos norte e sul e atraindo materiais que possuem propriedades ferromagnéticas. Todavia, não é somente em materiais com propriedades magnéticas que este fenômeno ocorre, existem materiais com propriedades isolantes (ou seja, péssimos condutores) que se pode encontrar, em vez de ímãs, dipolos elétricos que, a princípio, estão desordenados. Caso estes dipolos fossem organizados, o material isolante começaria a se comportar como um corpo eletrizado, com um lado positivo e outro negativo. Exemplos de aplicação desta alteração nos materiais isolantes estão os discos de vinil, uma vez que são constituídos de uma resina que apresenta estas características e por isso apresenta uma carga elétrica natural e uma grande tendência de atrair poeira e outras partículas, como se observa na figura a seguir (INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024):

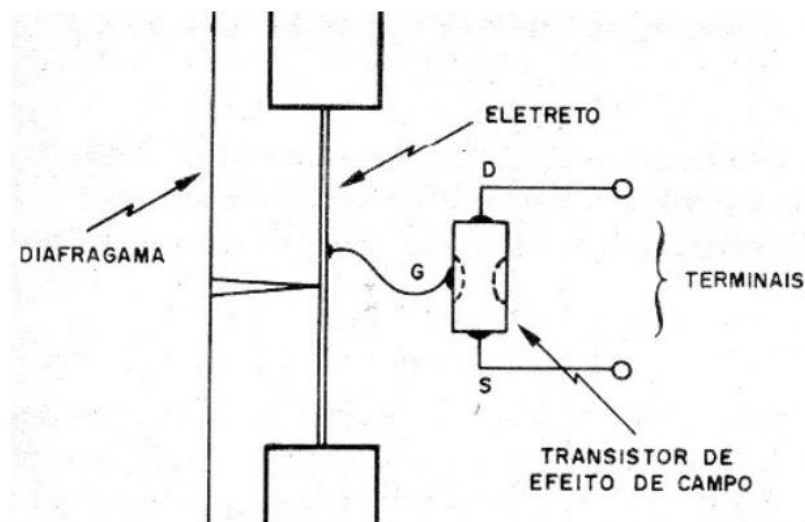
Figura 21 – Disco de vinil (Eletreto por natureza)



Fonte: INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024.

Quando se possui um material com estes aspectos, a alteração de suas cargas pode ser efetivada quando o material sofre processos físicos, como pressão ou deformação. Até a radiação do infravermelho pode alterar esta concentração de cargas elétricas, possibilitando a utilização destes materiais na confecção de sensores. No que se remete ao microfone de eletreto, o processo realizado é a montagem de uma lâmina a partir deste material, presa rigidamente e integrada a um diafragma. Em uma das faces, insere-se uma conexão à comporta de um sensível transistor de efeito de campo (FET) (INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024).

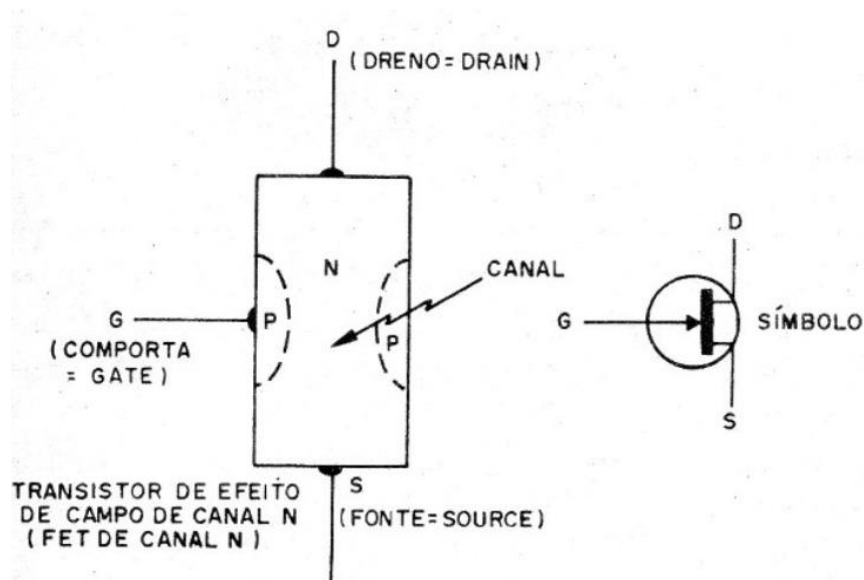
Figura 22 – Eletreto em conjunto com FET



Fonte: INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024.

Em um Transistor de Efeito de Campo, a corrente passa entre o dreno (d) e a fonte (s) depende da carga elétrica ou à tensão aplicada na superfície da comporta, conforme ilustra a imagem seguinte (INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024):

Figura 23 - Princípio do FET

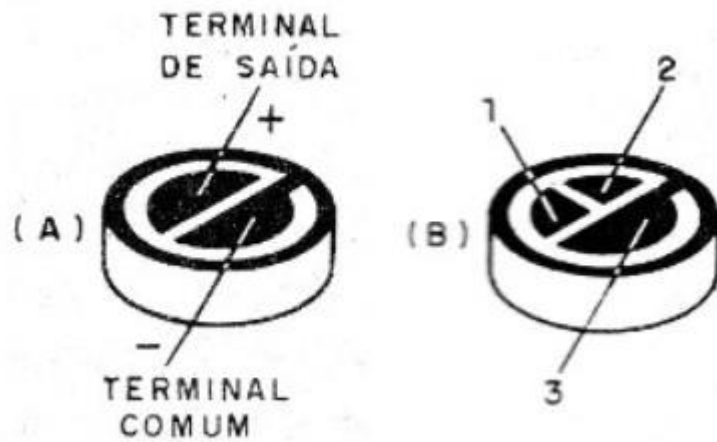


Fonte: INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024.

Desta maneira, quando o diafragma do microfone for atingido pelas ondas sonoras, a parte mecânica deforma o eletreto, de forma que as cargas variem e a partir disto a tensão aplicada no transistor. O resultado é um transistor com corrente que varia de forma sincronizada com a forma de onda do som que incide. A sensibilidade também é muito apurada pelo fato que o transistor é também um amplificador (INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024).

Tipos de microfone: os microfones mais comumente encontrados são compostos de dois terminais ou três terminais (INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024):]

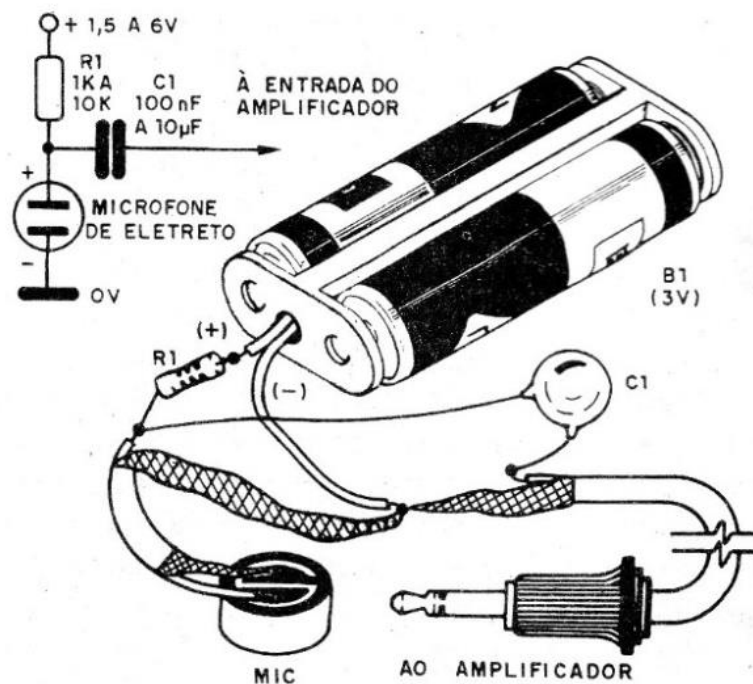
Figura 24 – Tipos de microfone



Fonte: INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024.

Pelo fato de este componente possuir um transistor interno, é necessário a sua polarização externa por um circuito, de modo que funcione de forma conveniente. Abaixo segue um exemplo de como ligar este circuito com um resistor cujo valor varia de acordo com a tensão de alimentação. No entanto, os comumente utilizados possuem valores entre 1kOhm a 10kOhm (INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024).

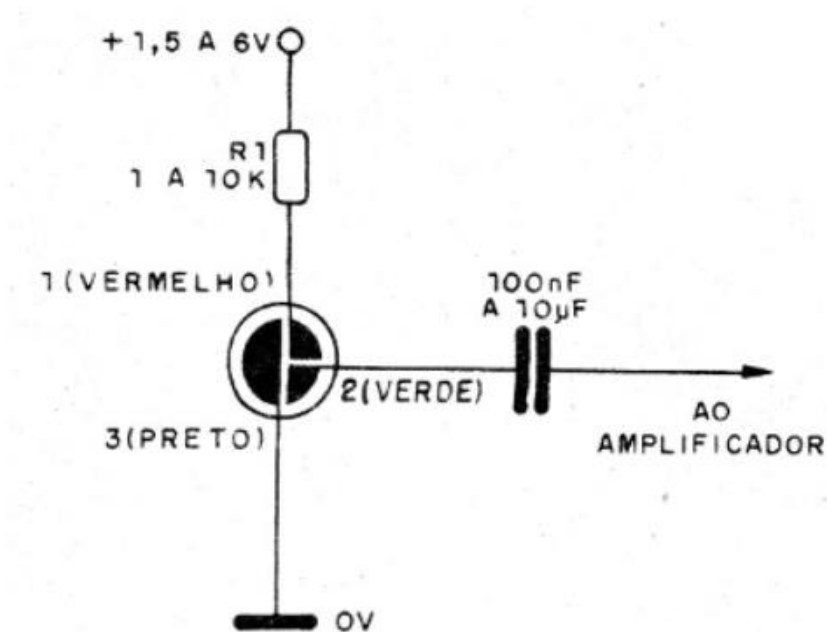
Figura 25 - Polarização do microfone



Fonte: INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024.

O circuito mencionado e ilustrado junto ao diafragma é um microfone de eletreto que será ligado na entrada de um amplificador, sendo alimentado por uma fonte com duas pilhas palito. Para o microfone que possui três terminais, a conexão é a que segue (INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024):

Figura 26 - Esquemático do microfone de eletreto de três terminais

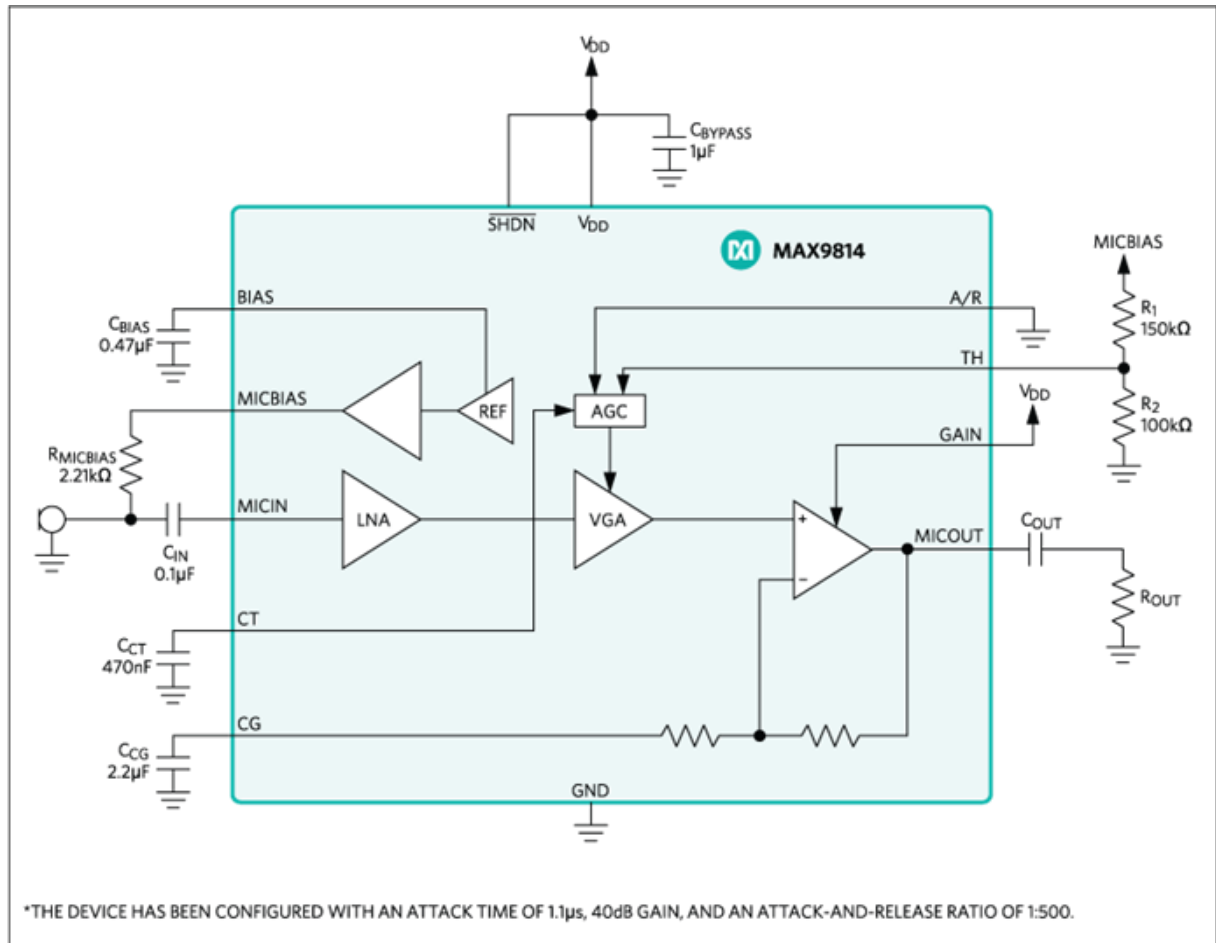


Fonte: INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024.

Conforme pode ser observado, os microfones de eletreto são simples e eficientes, podendo substituir outros modelos, com a condição de que estejam com o circuito de polarização adequado (INSTITUTO NEWTON C BRAGA, 2024).

1.1.7 Circuito Integrado (C.I.) MAX9814

Figura 27 - Esquemático MAX9814



Fonte: ANALOG, 2024.

Descrição detalhada: O MAX9814 é um amplificador de microfone de baixo custo e alta qualidade com controle automático de ganho (AGC) e polarização de microfone de baixo ruído. O MAX9814 é composto por vários circuitos distintos: um pré-amplificador de baixo ruído, um amplificador de ganho variável (VGA), um amplificador de saída, um gerador de tensão de polarização do microfone e circuitos de controle AGC.

Um gerador interno de tensão de polarização do microfone fornece uma polarização de 2V adequada para a maioria dos microfones de condensador eletreto. O MAX9814 amplifica a entrada em três estágios distintos. No primeiro estágio, a entrada é bufferizada e amplificada através do pré-amplificador de baixo ruído com um ganho de 12dB. O segundo estágio consiste no VGA controlado pelo AGC. A combinação VGA/AGC é capaz de variar o ganho de 20dB a 0dB. O amplificador de saída é o estágio final, no qual um ganho fixo de 8dB, 18dB ou 28dB é programado através de uma única entrada lógica de três níveis. Sem compressão do AGC, o MAX9814 é capaz de fornecer ganhos de 40dB, 50dB ou 60dB.

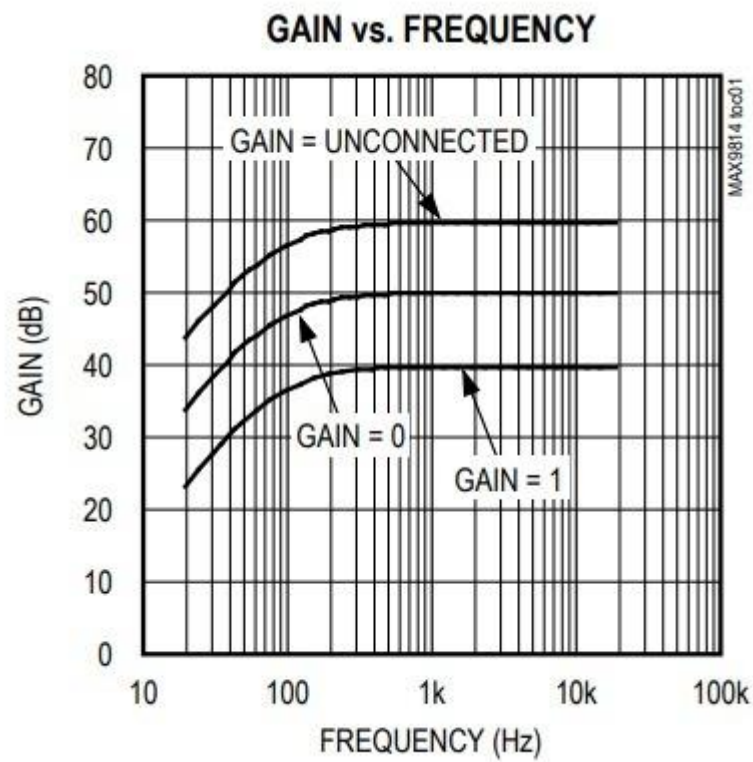
Características: - Controle Automático de Ganho (AGC);

- Três configurações de ganho (40dB, 50dB, 60dB);
- Tempo de Ataque Programável;
- Relação de Ataque e Liberação Programável;
- Faixa de Tensão de Alimentação de 2.7V a 5.5V;
- Baixa Densidade de Ruído Referida à Entrada de 30nV/vHz;
- Baixa Distorção Harmônica Total (THD): 0.04% (típico);

- Modo de Desligamento de Baixa Potência;
- Polarização Interna de Microfone de Baixo Ruído, 2V;
- Disponível no pacote TDFN de 14 Pinos, Economizando Espaço (3mm x 3mm);
- Faixa de Temperatura Estendida de -40°C a +85°C.

Fonte: ANALOG, 2024.

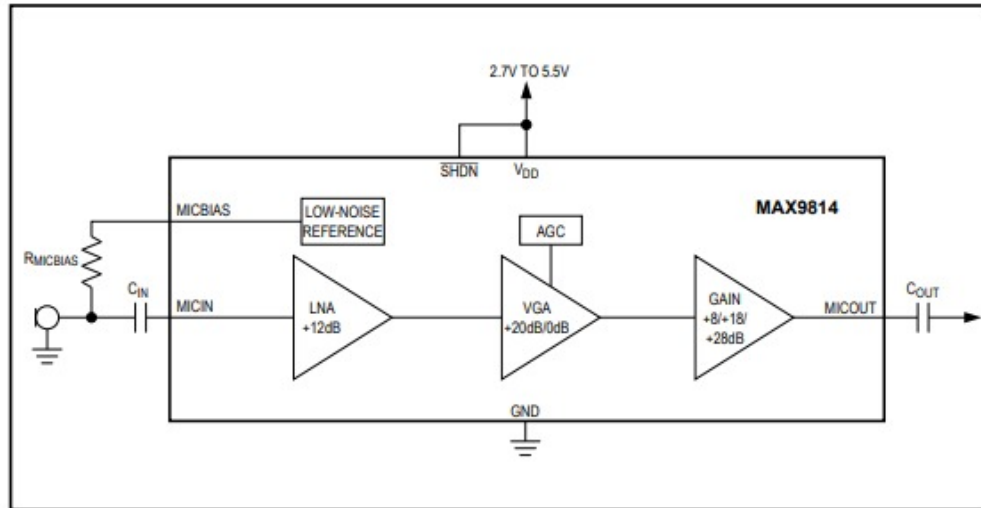
Figura 28 - Gráfico comparativo de ganho e frequência - MAX9814



Fonte: ANALOG, 2024.

Figura 29 – Diagrama em blocos da estrutura eletrônica do MAX9814

Simplified Block Diagram



Fonte: ANALOG, 2024.

2 JUSTIFICATIVA

Este projeto foi escolhido para ser desenvolvido pela relevância para o meio acadêmico, pois traz um tipo de adequação do ambiente para a inclusão de pessoas com o TEA, ajudando também na melhora do processo de ensino e aprendizagem destes. Escolas públicas geralmente não apresentam adequações ou planos para o processo pedagógico desses indivíduos. A importância do projeto se dá também por colocar em pauta um tema com poucos estudos ou comprovações no meio científico e denotar a importância do processo de inclusão social e educacional dessas pessoas, também pelo fato de que o número de diagnóstico de pessoas acometidas com a síndrome tem aumentado nos últimos anos. A aplicação do projeto torna mais fácil monitorar e sinalizar os níveis de ruídos nas salas de aula. Espera-se que com a consequente redução do ruído no ambiente diminua o desconforto auditivo dos portadores do TEA, evitando a ocorrência de surtos ou crises.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral:

- Condicionar o ambiente da sala de aula para um ambiente de inclusão, onde os portadores do TEA se sintam confortáveis em estar e assistir as aulas, e para que o processo de ensino e aprendizagem para estes se torne mais acessível, oferecendo suporte e condições para um melhor desempenho por parte destes.

3.1.1 Específicos:

- Auxiliar as pessoas acometidas com essa síndrome no processo de integração ao meio de convívio social e de relações interpessoais;
- Melhorar as condições de trabalho para os docentes da instituição, fazendo com que estes não tenham que se esforçar tanto para pedir que os alunos façam silêncio durante a aula;
- Sinalizar o nível de ruído das salas de aula, para que não apenas os portadores do TEA tenham melhores condições de realizarem o processo de ensino e aprendizagem, mas também todos os outros alunos, pois é notável o quanto níveis de ruídos muito elevados podem atrapalhar durante uma aula;
- Denotar a importância da discussão, análise e estudo do tema, para que os meios acadêmicos e científicos realizem mais pesquisas a respeito da síndrome, para que a população se conscientize mais sobre o quão importante é incluir essas pessoas na sociedade e ajudá-los a tratar a síndrome da melhor maneira possível.

4 METODOLOGIA

4.1 Materiais

Os materiais previstos para a efetiva construção do protótipo são:

- 1m² de madeira tipo MDF;
- 1 Giroflex (luz);
- 1 Microcontrolador ESP-32 (padrão 30 pinos);
- 1 Microfone de Eletreto MAX 9814;
- 10 jumpers do tipo fêmea-macho;
- 10 jumpers do tipo macho-macho;
- 1 ferro de solda;
- 1 estanho.

4.1.1 Método:

O método que será utilizado para o planejamento, desenvolvimento e execução do projeto é o de engenharia, onde é realizado a busca de uma situação-problema a qual se pretende solucionar, e é desenvolvida uma solução em forma de produto físico, como um protótipo, por exemplo. Inicialmente serão feitos testes do microfone de eletreto para captação de ruído nas salas de aula, depois os dados obtidos pelo microfone serão analisados utilizando ferramentas estatísticas para tal, e será utilizada uma base de dados para tratar, analisar e fazer conclusões desse dado. Em seguida, será construído o protótipo definitivo, que será em formato retangular com as dimensões aproximadas de 12cmx05cmx10cm, e nele conterà o microcontrolador ESP-32 juntamente com o microfone de eletreto e um giroflex. Na última etapa, com o protótipo finalizado, serão realizadas testagens efetivas com o protótipo, e, quando o ambiente atingir o limite fisiológico auditivo dos portadores do TEA, serão disparados um alarme sonoro e um luminoso, para indicar aos presentes que o volume de ruído está exacerbado e, portanto, deve ser atenuado para não causar desconforto aos portadores da síndrome.

Abaixo segue a tabela de custos do projeto, a qual relaciona e compara a quantia que foi gasta com os materiais que já estavam com os autores deste e a quantia que seria desempenhada para realizar a construção do protótipo do projeto se este tivesse de ser construído sem nenhum material prévio disponível:

Figura 30 – Relação de custos e aquisições para a montagem e programação

Custos do desenvolvimento do protótipo				
Item	Nome	Quantidade	Total	Valor Unitário
1	Sensor de som MAX 9814	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
2	Mini chaveiro Rastreador (Itag)	1	R\$ 19,99	R\$ 19,99
3	Esp 32 WROOM	1	R\$ 40,35	R\$ 40,35
4	Led Azul 10mm Alto brilho	12	R\$ 27,60	R\$ 2,30
5	MDF Placa 3mm 60x80 cm	1	R\$ 22,75	R\$ 22,75
6	Soquete barra 1x40	2	R\$ 7,00	R\$ 3,50
7	Placa 10x10cm fenolite	2	R\$ 18,00	R\$ 9,00
8	Resistor 10K	3	R\$ 1,59	R\$ 0,53
9	Capacitor 100uF	1	R\$ 2,78	R\$ 2,78
10	Capacitor 10uF	3	R\$ 4,17	R\$ 1,39
11	Resistor 1K	1	R\$ 0,20	R\$ 0,20
12	Resistor 100K	1	R\$ 0,30	R\$ 0,30
13	C.I. LM358D	1	R\$ 1,50	R\$ 1,50
14	Microfone de eletreto	1	R\$ 1,60	R\$ 1,60

Custo total	
R\$	167,83

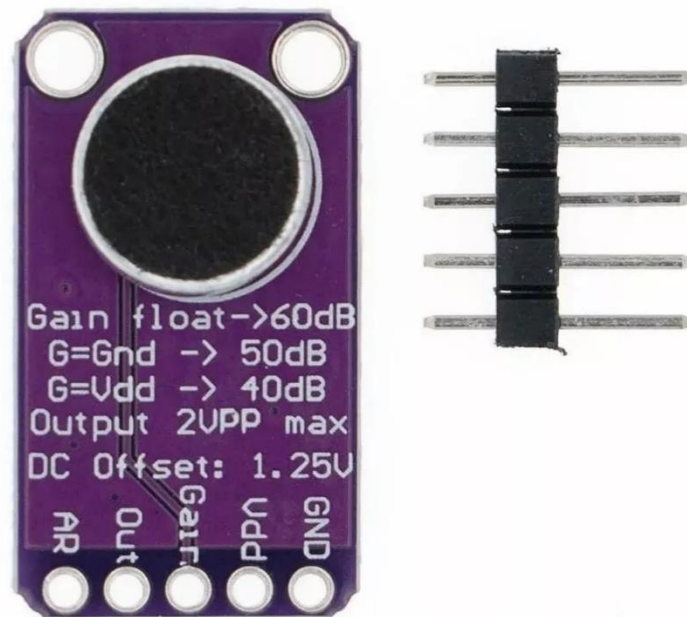
Custo real	
R\$	167,83

Fonte: Própria, 2024.

5 DESENVOLVIMENTO

Primeiramente, iniciou-se o protótipo com uma sucinta pesquisa referente a qual seria o melhor tipo de protótipo para o funcionamento do protótipo. Após esta etapa, foi descoberto que o módulo de microfone do tipo MAX9814 era o melhor para o objetivo do projeto.

Figura 30 – Módulo MAX9814



Fonte: MERCADO LIVRE, 2024.

Com a etapa de escolha do microfone concluída com sucesso, foi possível iniciar a busca de um código, em que, o qual permitisse a postagem dos valores analógicos na Integrated Development Environment (IDE) do Arduino. Em seguida, foi necessário obter-se um local na internet a fim de que fosse possível a postagem dos dados obtidos com o microfone. Sucessivamente, foram investigadas soluções por meio da internet e com os orientadores do projeto.

A partir da sucessão diversas árduas tentativas, o desenvolvimento do projeto seguiu para etapa de estruturação do formulário eletrônico do Google, para que houvesse possibilidade de armazenamento dos dados captados. A efetivação desta etapa foi um tanto quanto complexa e desafiadora, em que, somente foi possível a conclusão desta etapa de desenvolvimento do protótipo, com a ajuda do coorientador Marcelus Guirardello, foi possível a obtenção, através do formulário do Google, dos valores analógicos gerados pelo microfone através dos ruídos captados.

No entanto, a necessidade do projeto era trabalhar com valores cuja unidade de medida é o decibel (dB), nisto, fora idealizado uma lógica de programação em C++, que realiza uma gama de equações e comparações, as quais resultam no valor em

dB, neste processo, foi necessário contornar a questão do limite do microfone quanto à captação de ruído.

Figura 31 – Comparação de valores (fração de código)

```
sensorValue=analogRead(35);

voltage = sensorValue * (3.3 / 4095.0); // Conversão de 12 bits para tensão
dB = 20.0 * log10(voltage / 0.001); // Ajuste conforme necessário para a referência de tensão do microfone

Serial.print("Sensor Value: ");
Serial.print(sensorValue);
Serial.print(" - Voltage: ");
Serial.print(voltage);
Serial.print("V - dB: ");
Serial.print(dB);
Serial.print(" Apertos:");
Serial.println(apertos);
```

Fonte: Própria 2024.

Devido ao limite imposto pelo MAX9814, foi preciso ir em busca de alternativas, em que, o coorientador do projeto, Marcelus Guirardello, estipulou algumas opções: utilizar um microfone de eletreto comum ou um outro módulo, mais específico para a identificação de voz. Contudo, as alternativas eram muito semelhantes com os recursos já disponíveis, com isto, precisou-se realizar uma adaptação no código, de modo que as perdas na conversão fossem atenuadas. Finalizando estas etapas, surgiu uma outra questão a ser solucionada: o envio de dados para o formulário do Google começou a apresentar problemas, pois o ESP32 perdeu o canal de comunicação com a plataforma.

Apesar deste problema, o desenvolvimento seguiu com as próximas etapas, que envolviam a configuração de itag via Bluetooth, como forma de ativação do sinal luminoso de forma remota. Quando a itag é pressionada, se é acionado o sinal luminoso por alguns segundos, tendo uma prioridade maior do que os valores captados pelo microfone, de forma que a ativação manual do sistema pelo aluno com T.E.A. ou seu tutor fosse possível. A aplicação desta tecnologia de comunicação (Bluetooth) no envio de sinais por meio do botão itag foi importante pois assim o aluno com o transtorno possui uma maior versatilidade com relação ao uso do protótipo,

uma vez que a faixa de ruído que o deixa desconfortável é significativamente relativa e imprevisível, o que permite padronizar o produto à necessidade de cada usuário do sistema.

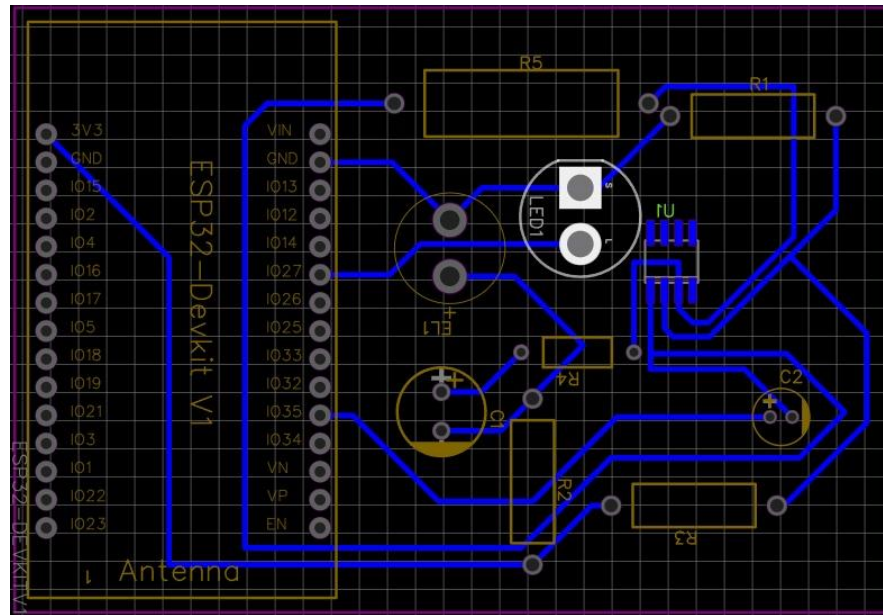
Figura 32 – Botão itag



Fonte: AMAZON, 2024.

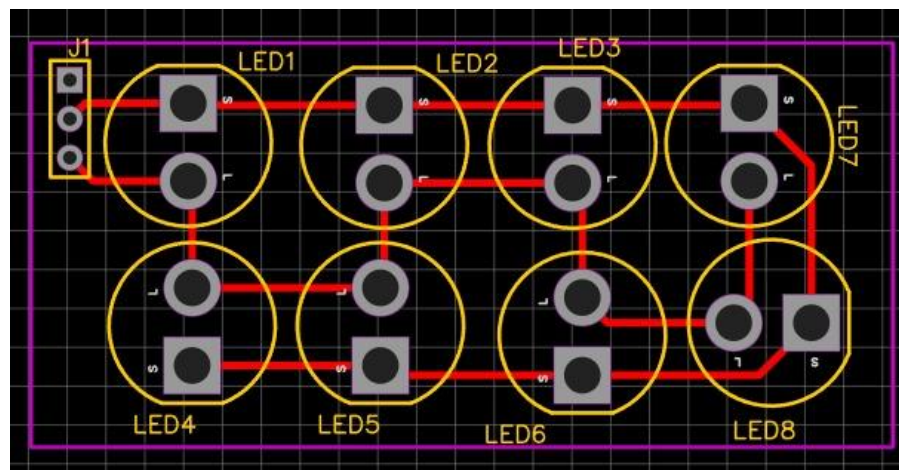
A próxima etapa da construção do protótipo foi a idealização do projeto de placa, na qual sempre foi levado em conta o projeto elétrico correspondente e as falas dos orientadores.

Figura 33 – PCB do microfone



Fonte: Própria, 2024.

Figura 34 – PCB do sinal luminoso



Fonte: Própria, 2024.

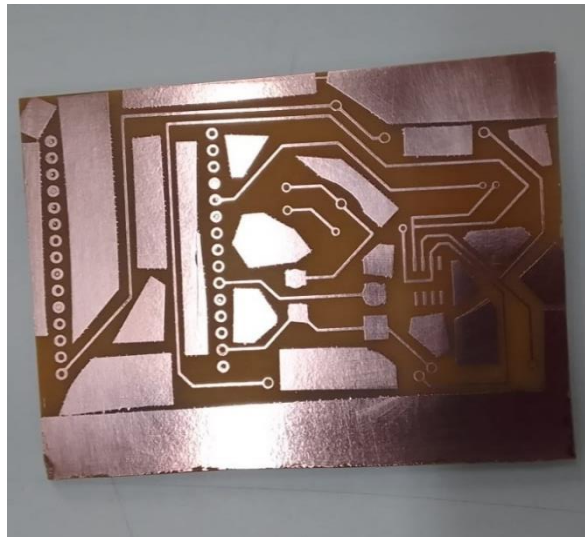
Em uma das etapas de desenvolvimento, foi necessário efetivar a confecção de placas de fenolite – Placa de Circuito Impresso (PCI), de modo que fosse possível obter os circuitos eletrônicos que fazem o sistema de alerta e a automação do sistema de alerta por meio do microcontrolador ESP32. Primeiro foram impressos os circuitos em papéis couchê, em seguida, foi realizada a transferência térmica deles para as placas. Após realizar isto, foi efetuado o procedimento de corrosão das PCIs, utilizando Água Oxigenada (H_2O_2) de 10 vol. E 20 vol., Ácido Muriático (HCl)_{aq} e Cal., o qual é expresso pelas imagens a seguir:

Figura 35 – Placa passando por processo corrosivo



Fonte: Própria, 2024.

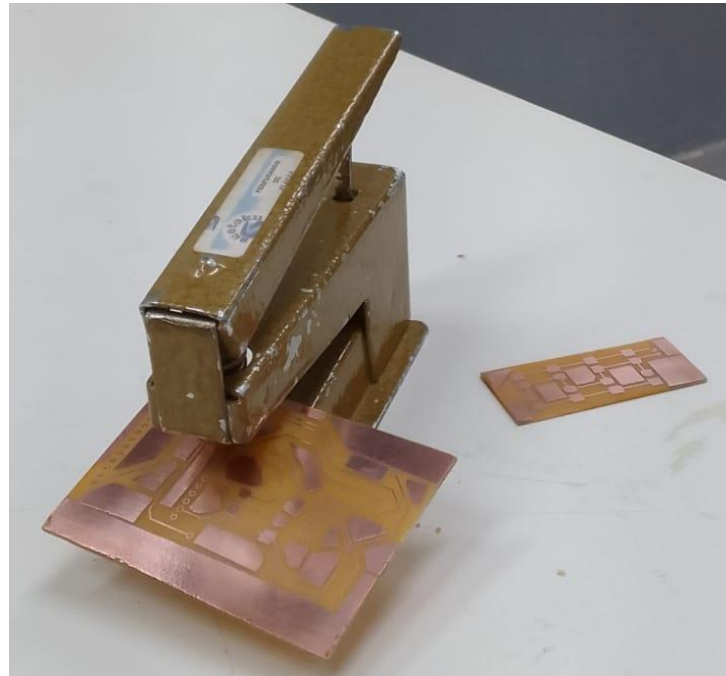
Figura 36 – Placa do microcontrolador já corroída



Fonte: Própria, 2024.

Com as placas prontas para montagem, iniciou-se o processo de perfuração da placa, inserção dos componentes e soldagens destes nela, o que pode ser exemplificado pelas imagens a seguir:

Figura 37 – PCI sendo perfurada



Fonte: Própria, 2024.

Figura 38 – LEDs sendo posicionados na PCI



Fonte: Própria, 2024.

Figura 38 – Soldagem de componentes eletrônicos



Fonte: Própria, 2024.

E, referente a este processo, segue uma última ilustração, que mostra como ficaram as ilhas de solda dos LEDs na placa de sinalização luminosa:

Figura 39 – Ilhas de solda



Fonte: Própria, 2024.

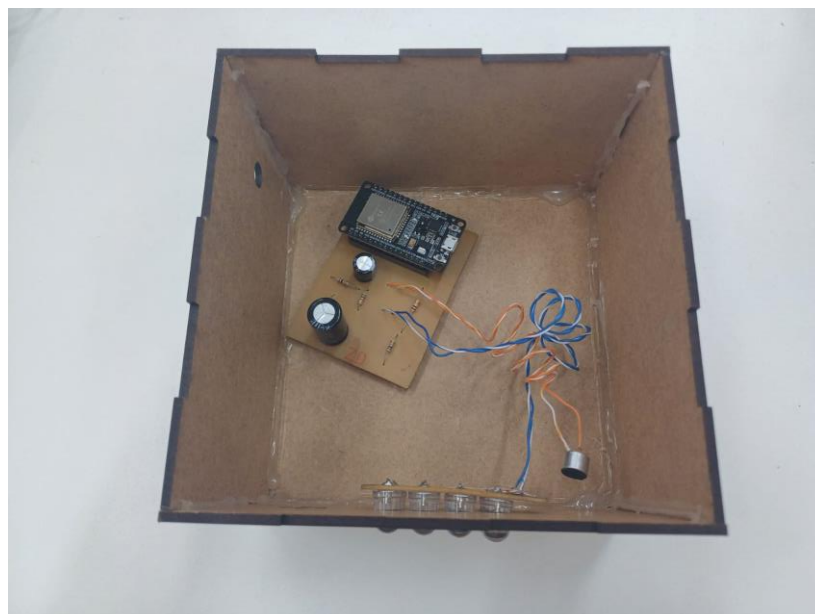
Em sequência, com a realização de árduas tentativas, o desenvolvimento chegou à versão final, em que realizou-se o projeto da caixa do protótipo definitivo, cuja estrutura é baseada na madeira do tipo MDF, o qual seguem ilustrações abaixo:

Figura 35 – Protótipo ao lado do itag



Fonte: Própria, 2024.

Figura 36 – Parte interna do protótipo

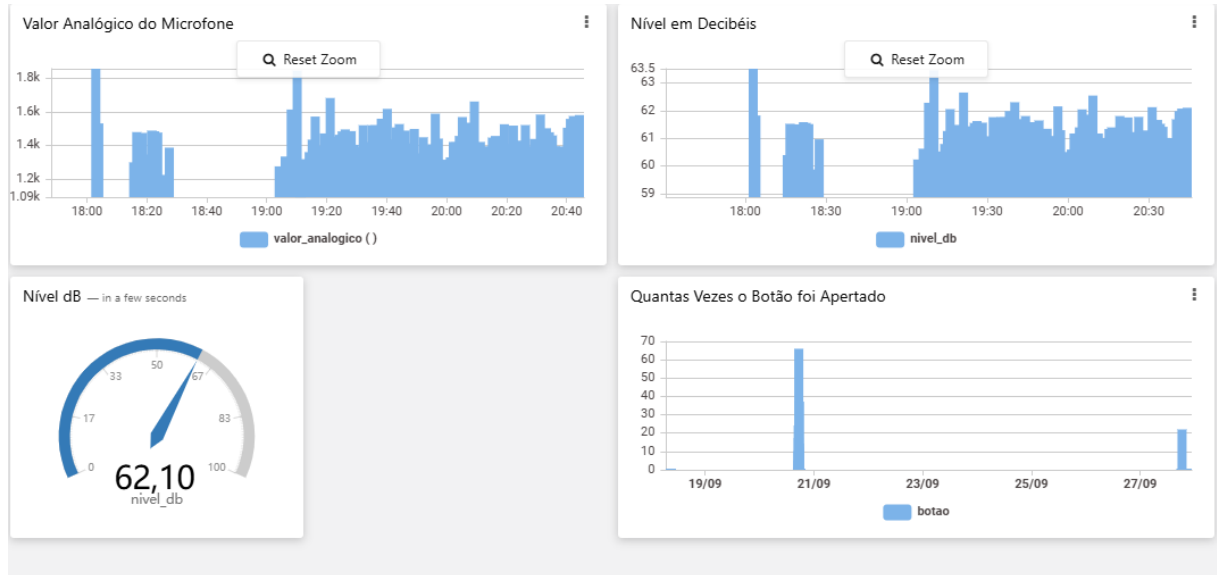


Fonte: Própria, 2024.

Após alguns ajustes e aprimoramentos da parte de software do protótipo, decidiu-se alterar a plataforma que contém os dados coletados pelo protótipo, passando da plataforma do formulário eletrônico do Google para a base de dados

Tago.io. Sobre esta base de análise gráfica e armazenamento de dados sobre o ruído, segue uma imagem ilustrativa abaixo:

Figura 37 – Dashboard Tago.io



Fonte: Própria, 2024.

Como etapa atual do desenvolvimento do projeto, o protótipo fora instalado no ambiente da sala de aula para monitoramento dos ruídos e para fazer um teste do uso do botão com um aluno que possui o T.E.A., de forma a validar os resultados que pretende-se serem alcançados e verificar se houve uma melhora significativa no processo de ensino-aprendizagem e inclusão para estes alunos. Sobre esta implementação, segue um registro visual:

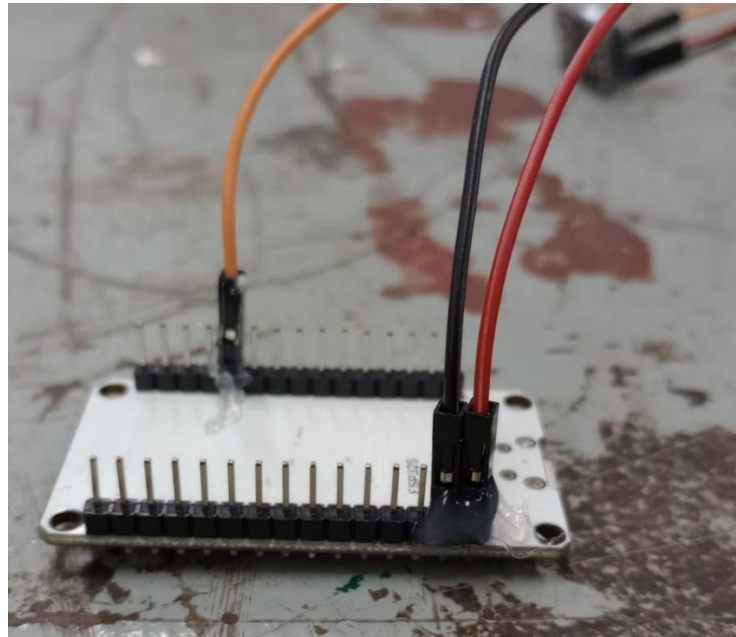
Figura 38 – Implementação do microfone e ESP32 para testes na sala de aula



Fonte: Própria, 2024.

Após a realização de um período de testes com o protótipo, foi necessário realizar uma breve manutenção corretiva, porque os valores na plataforma Tago.io estavam deslocados da realidade. Com a conclusão do reparo, foi possível identificar e solucionar o problema, colocando o dispositivo em funcionamento adequado novamente. Abaixo seguem ilustrações que evidenciam os reparos feitos e como o protótipo ficou reinstalado na sala de aula:

Figura 39 – Fixação dos jumpers



Fonte: Própria, 2024.

Figura 40 – Fixação dos jumpers no microfone



Fonte: Própria, 2024.

Figura 41 – Reinstalação na sala de aula



Fonte: Própria, 2024.

6 CONCLUSÃO

A partir da construção e aplicação do protótipo do projeto em sala de aula, foi possível verificar que este é funcional para realizar as funções que foram idealizadas no início do projeto, que de fato ele pode contribuir para a melhora no processo de ensino-aprendizagem dos alunos com o Transtorno do Espectro Autista, para melhorar as condições de trabalho dos professores e para corroborar com a instituição de ensino, neste processo gradual e complexo de adaptação dos espaços para a devida inclusão destes alunos. Também foi possível entender que o TEA e seus desdobramentos ainda é um tema que precisa ser veementemente explorado pelos meios acadêmico e científico, para fornecer informações mais precisas sobre as características, a origem e todas as consequências fisiológicas que o transtorno pode trazer para a pessoa afetada, contribuindo, desta forma, para que o Estado, e a partir

disto as redes de ensino, sejam estas públicas ou privadas, possam discernir melhor sobre quais as formas mais viáveis e eficientes de realizar a inclusão destes discentes, o que auxilia em uma melhor inserção destas pessoas no âmbito social e educacional.

Como sugestão de trabalhos futuros para aprimoramento e aperfeiçoamento do projeto, indica-se investir um pouco mais na parte de análise estatística dos dados obtidos pelos sensores, de modo que seja possível tratar e analisar estes dados de forma mais segura e eficiente. Sugere-se também um estudo de aplicação com um maior número de alunos com o transtorno do que o existente na comunidade escolar em que o projeto fora desenvolvido e aplicado, pois somente dessa forma será possível perceber e entender melhor a questão de que a hipersensibilidade auditiva poder variar de autista para autista e de ocasião para ocasião. Também recomenda-se empregar um maior tempo para a realização do estudo, com o intuito de possuir um espaço amostral de pesquisa mais próximo do real, daquilo que é vivenciado no cotidiano pelo aluno com o Transtorno do Espectro Autista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALURA “**Wi-Fi: explorando padrões, canais, diferenças e práticas de segurança**”. Disponível em: https://www.alura.com.br/artigos/entendendo-os-padroes-de-wi-fi?srsId=AfmBOorl71TNRItZMawfJ7A1x1_nv0rw3K52XxMdRPQtqV0AFQdWnBTf . Acesso em: 28 set 2024.

AMAZON “**Chaveiro Localizador Rastreador Bluetooth Anti Perda Celular Chaves Animais Crianças Veículos (Preto)**”. Disponível em: https://www.amazon.com.br/Chaveiro-Localizador-Rastreador-Bluetooth-Crian%C3%A7as/dp/B0D79Y25W8/ref=asc_df_B0D79Y25W8/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=709964502935&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=10836762640459762638&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1001729&hvtargid=pla-2336769924196&psc=1&mcid=c5832a3a95623ac699ca30c40a05c0e9&qad_source=1 . Acesso em: 27 set. 2024.

ANALOG DEVICES “**MAX9814**”. Disponível em: <https://www.analog.com/en/products/max9814.html#part-details> . Acesso em: 24 set. 2024.

ANALOG DEVICES “**Microphone Amplifier with AGC and Low-Noise Microphone Bias - MAX9814**”. Disponível em: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/MAX9814.pdf> . Acesso em: 24 set. 2024.

APRENDENDO FÁCIL “**O que é: Microcontroller**”. Disponível em: <https://blog.aprendendofacil.com.br/glossario/o-que-e-microcontroller-definicao-e-aplicacoes/> . Acesso em: 22 set. 2024.

AUTISMO E REALIDADE “**Cordão de girassol: entenda sua importância e o que diz a lei**”. Disponível em: <https://autismoerealidade.org.br/2023/08/23/cordao-de-girassol-entenda-sua-importancia-o-que-diz-a-lei/> . Acesso em: 23 fev. 2024.

BLOG ELETROGATE “**Conhecendo o ESP32 - Introdução (1)**”. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/conhecendo-o-esp32-introducao-1/> . Acesso em: 22 set. 2024.

CATRACA LIVRE “**Entenda é o que são os stims no autismo**”. Disponível em: <https://catracalivre.com.br/saude-bem-estar/entenda-e-o-que-sao-os-stims-no-autismo/> . Acesso em: 7 mar. 2024.

COGNITIVO BLOG “**Psicologia e autismo: o papel do psicólogo no TEA(Transtorno do Espectro Autista)**”. Disponível em: <https://blog.cognitivo.com/psicologia-e-autismo/> . Acesso em: 7 mar. 2024.

DOUTOR AJUDA “**Autismo: como identificar (Transtorno do Espectro Autista)**”. Disponível em: https://youtu.be/g78yyFWGchA?si=-3cv848F_hPsM7JS . Acesso em: 16 fev. 2024.

DRAUZIO VARELLA “**Autismo em adultos - DrauzioCast**”. Disponível em: <https://youtu.be/2j3fX2Ju2XI?si=NUCJdxZOAMQAX36C> . Acesso em: 16 fev. 2024.

EDISCIPLINAS USP “**Fenômenos Ondulatórios**”. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3270393/mod_resource/content/0/Fen%C3%B4menos%20Ondulat%C3%B3rios.pdf . Acesso em: 29 fev. 2024.

EE USP “**Cordões e seus significados**”. Disponível em: <https://www.ee.usp.br/wp-content/uploads/2023/11/Cartilha-sobre-os-significados-dos-Cordoes-1.pdf> . Acesso em: 23 fev. 2024.

ELETROGATE “**Módulo Sensor de som**”. Disponível em: [https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-de-som-?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=\[MC4\] \[G\] \[PMax\] ArduinoRoboticaSensoresModuloss&utm_content=&utm_term=&qad_source=1&qclid=CjwKCAiAIJKuBhAdEiwAnZb7lbbYrL2FuaFo4RD8oIYUEWBpoFBiMrMdyTGf1Z8X92fBPyzggbSSbxoCus8QAvD_BwE](https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-de-som-?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=[MC4] [G] [PMax] ArduinoRoboticaSensoresModuloss&utm_content=&utm_term=&qad_source=1&qclid=CjwKCAiAIJKuBhAdEiwAnZb7lbbYrL2FuaFo4RD8oIYUEWBpoFBiMrMdyTGf1Z8X92fBPyzggbSSbxoCus8QAvD_BwE) . Acesso em: 5 mar. 2024.

EMBARCA.AI “**Cordões de Identificação: Tudo o que você precisa saber**”. Disponível em: <https://blog.embarca.ai/cordoes-de-identificacao/> . Acesso em: 22 set. 2024.

“ETEC Bento Quirino - PDTCC”. Disponível em:
[file:///C:/Users/almei/Downloads/elabora%C3%A7%C3%A3oTCC_parte2%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/almei/Downloads/elabora%C3%A7%C3%A3oTCC_parte2%20(1).pdf) .
 Acesso em 25 fev. 2024.

“ETEC Bento Quirino - PDTCC”. Disponível em:
[file:///C:/Users/almei/Downloads/Elabora%C3%A7%C3%A3oTCC%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/almei/Downloads/Elabora%C3%A7%C3%A3oTCC%20(1).pdf) .
 Acesso em: 25 fev. 2024.

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA UNICAMP **“09.04.2024 - IV Simpósio dos Transtornos do Espectro do Autismo”**. Disponível em:
https://www.youtube.com/live/nbc9Ylg1_P0?si=6U14kf8s2l6WX4sT . Acesso em: 09 abr. 2024.

FOLHA DE S. PAULO **“Como é que é? – Estamos vivendo uma ‘epidemia’ de autismo?”**. Disponível em:
<https://www.youtube.com/live/0BRzffCFUKQ?si=XyTH1u5cyuGJ1inQ> . Acesso em: 29 fev. 2024.

G1 RIBEIRÃO E FRANCA **“Alunas criam dispositivo que reduz barulho em sala de aula e beneficia autistas em Franca, SP”**. Disponível em:
<https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2023/11/21/alunas-criam-dispositivo-que-reduz-barulho-em-sala-de-aula-e-beneficia-autistas-em-franca-sp.ghtml> . Acesso em: 25 mar. 2024.

INFOWESTER **“Bluetooth: o que é, como funciona e versões”**. Disponível em:
<https://www.infowester.com/bluetooth.php> . Acesso em: 23 set. 2024.

INSTITUTO NEWTON C BRAGA **“Como Funcionam os Microfones de Eletreto (ART1639)”**. Disponível em: <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/14075-como-funcionam-os-microfones-de-eletreto-art1639> . Acesso em: 24 set. 2024.

JADE **“Hipersensibilidade auditiva: sintoma frequente em pessoas com TEA”**. Disponível em: <https://www.jadeautism.com/hipersensibilidade-auditiva> . Acesso em: 21 fev. 2024.

LINKEDIN **“Cordão de girassóis é identificação oficial no Brasil de pessoas com deficiências ocultas”**. Disponível em:
<https://pt.linkedin.com/pulse/cord%C3%A3o-de-girass%C3%B3is-%C3%A9-identifica%C3%A7%C3%A3o-oficial-brasil-arias-orlandi> . Acesso em: 22 set. 2024.

LOJA DO MECÂNICO “**Decibelímetro Digital 315 a 85kHz**”. Disponível em: https://www.lojadomecanico.com.br/produto/152305/3/204/Decibelimetro-Digital-315-a-85K-HZ-/153/?utm_source=googleshopping&utm_campaign=xmllshopping&utm_medium=cpc&utm_content=152305&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAIJKuBhAdEiwAnZb7lfam0ws4ZEj56xfjnJ8vO6svTke_RQklpzWXagc4_hM4FLuY3tVYwhoCQ2EQAvD_BwE. Acesso em: 5 mar. 2024.

“**Manual TCC – Trabalho de Conclusão de Curso nas Etecs**”. Disponível em: file:///C:/Users/almei/Downloads/Manual_TCC.indd%20-%20ManualTCCetecs_2022_2ed.pdf. Acesso em: 28 fev. 2024.

MAYRA GAIATO – DESENVOLVIMENTO INFANTIL E AUTISMO “**Autismo – Deficiência intelectual, o que é?**”. Disponível em: https://youtu.be/Hw95sFHxBEE?si=je_tga9HRCKU7R4j. Acesso em: 16 fev. 2024.

MAYRA GAIATO – DESENVOLVIMENTO INFANTIL E AUTISMO “**Dr. Rodrigo responde: o que é autismo?**”. Disponível em: <https://youtu.be/OvCyEbY7Mog?si=6A36a3kSVXsGRRmV>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MERCADO LIVRE “**Kit Cordões Autismo E Deficiências Ocultas 6 Un Colorido**”. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/kit-cordoes-autismo-e-deficincias-ocultas-6-un-colorido/p/MLB28444194>. Acesso em: 13 mai. 2024.

MERCADO LIVRE “**Módulo Amplificador De Som - Max9814**”. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2718212344-modulo-amplificador-de-som-max9814-_JM?matt_tool=63064967&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14303413826&matt_ad_group_id=133431076203&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=584156655540&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=604404650&matt_product_id=MLB2718212344&matt_product_partition_id=2269730643578&matt_target_id=pla-2269730643578&cq_src=google_ads&cq_cmp=14303413826&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gclid=EAlaIqObChMlw-apnflJiAMV2gCtBh3qRimMEAQYASABEgKecfD_BwE. Acesso em: 27 set. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL “**Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**”. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 13 mai. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL “**Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**”. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/4> . Acesso em: 23 fev. 2024.

NEURO CONECTA “**Síndromes relacionadas ao autismo**”. Disponível em: <https://neuroconecta.com.br/sindromes-relacionadas-ao-autismo/> . Acesso em: 22 fev. 2024.

NEURO CONECTA “**O papel do psicólogo no autismo**”. Disponível em: <https://neuroconecta.com.br/o-papel-do-psicologo-no-autismo/> . Acesso em: 7 mar. 2024.

NEURO SABER “**Como o autismo afeta o cérebro?** “. Disponível em: <https://institutoneurosaber.com.br/como-o-autismo-afeta-o-cerebro/> . Acesso em: 15 fev. 2024.

NEURO SABER “**Quais os níveis de intensidade no autismo?**”. Disponível em: <https://institutoneurosaber.com.br/artigos/quais-os-niveis-de-intensidade-no-autismo/> . Acesso em: 22 set. 2024.

NEURO SABER “**Sensibilidades sensoriais em crianças autistas**”. Disponível em: <https://institutoneurosaber.com.br/sensibilidades-sensoriais-em-criancas-autistas-como-lidar/> . Acesso em: 22 fev. 2024.

NEURO SABER “**Síndromes que envolvem o Autismo**”. Disponível em: <https://institutoneurosaber.com.br/sindromes-que-envolvem-o-autismo/> . Acesso em: 23 fev. 2024.

NEURO SABER “**TEA: sensibilidade auditiva pode prejudicar em sala de aula?**”. Disponível em: <https://institutoneurosaber.com.br/tea-sensibilidade-auditiva-pode-prejudicar-em-sala-de-aula/> . Acesso em: 21 fev. 2024.

NORMA BRASILEIRA - ABNT NBR – 14724 “**Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação**”. Disponível em: [file:///C:/Users/almei/Downloads/NBR%2014724%20-%20NBR 14724 atualizada abr 2011.pdf](file:///C:/Users/almei/Downloads/NBR%2014724%20-%20NBR%2014724%20atualizada%20abr%202011.pdf) . Acesso em: 25 fev. 2024.

OBIDOS HUB – INOVAÇÃO SOCIAL “**17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas**”. Disponível em: <https://obidoshub.org/17->

[objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-das-nacoes-unidas/](#) . Acesso em: 13 mai. 2024.

PESQUISA FAPESP “**O cérebro no autismo**”. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-c%C3%A9rebro-no-autismo/> . Acesso em: 15 fev. 2024.

PIXABAY “**Bluetooth Bluetooth Icon Bluetooth Logo royalt...**”. Disponível em: <https://pixabay.com/vectors/bluetooth-bluetooth-icon-5306027/> . Acesso em: 23 set. 2024.

“**Plano de Pesquisa**”. Disponível em: <file:///C:/Users/almei/Downloads/Plano%20de%20pesquisa.pdf> . Acesso em: 16 abr. 2024.

PORTAL ACÚSTICA “**Conceitos básicos da acústica – PARTE II**”. Disponível em: <https://portalacustica.info/conceitos-basicos-da-acustica-parte-ii/> . Acesso em: 7 mar. 2024.

PUC RIO “**Investigação sensorial em crianças autistas**”. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/27825/27825_5.PDF . Acesso em: 21 fev. 2024.

PULSEIRAS ONLINE “**Cordão de Girassol Autismo e Acessórios para Portadores de Deficiências Ocultas**”. Disponível em: <https://pulseirasonline.com.br/cordao-de-girassol/> . Acesso em: 22 set. 2024.

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO CONHECIMENTO “**Transtorno do Espectro Autista: funcionamento cerebral e o impacto do diagnóstico para pais e cuidadores**”. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/psicologia/funcionamento-cerebral> . Acesso em: 15 fev. 2024.

SAMSUNG BRASIL “**Solve for Tomorrow Brasil - Silêncio consciente: alunos autistas e os ruídos em sala de aula**”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PhchUL4CLtU> . Acesso em: 25 mar. 2024.

SCIELO BRASIL “**Avaliação audiológica comportamental e eletrofisiológica no transtorno do espectro do autismo**”. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rcefac/a/XCkqnpFSDXNH3yFKSyrLB/> . Acesso em: 21 fev. 2024.

SCIELO BRASIL “**Hipersensibilidade auditiva no transtorno do espectro autístico**”. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pfono/a/Sdgb8F9HJXp8yNjVsNgp5Qh/> . Acesso em: 22 fev. 2024.

SILÊNCIO CONSCIENTE “**Silêncio Consciente: alunos autistas e os ruídos em sala de aula**”. Disponível em: <https://virtual.febrace.org.br/2024/HUM/4207/poster/> . Acesso em: 25 mar. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PSICANÁLISE INTEGRATIVA “**Entenda como a psicanálise pode ajudar no tratamento do autismo**”. Disponível em:

<https://sbpi.org.br/entenda-como-a-psicanalise-pode-ajudar-no-tratamento-do-autismo/> . Acesso em: 7 mar. 2024.

SÓ PEDIATRIA “**A agitação psicomotora no autismo infantil**”. Disponível em:

<https://sopediatria.com.br/a-agitacao-psicomotora-no-autismo-infantil/> . Acesso em: 7 mar. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – FACULDADE DE MEDICINA – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MÉDICAS: PEDIATRIA “**Hipersensibilidade Auditiva em Crianças e Adolescentes com Transtorno do Espectro Autista**”. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4346/000399849.pdf> . Acesso em: 29 set 2024.

UNIVERSO AUTISTA “**Síndromes ligadas ao autismo**”. Disponível em:

<https://universoautista.com.br/portal7/sindromes-ligadas-ao-autismo/> . Acesso em: 22 set. 2024.

WIKIPÉDIA – A ENCICLOPÉDIA LIVRE “**Psicoacústica**”. Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Psicoac%C3%BAstica> . Acesso em: 7 mar. 2024.