

Sistema para Coleta de Dados Comportamentais de Pacientes com Transtorno do Espectro Autista

Leandro de S. L. Chernicharo, Eduardo Bezerra, Felipe da R. Henriques

Resumo— Este trabalho propõe um sistema de coleta de dados de comportamento durante o sono de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O sistema é composto por sensores e um microcontrolador conectado à nuvem, coletando dados ambientais em um cenário real, considerando uma criança autista dormindo em seu quarto. Um módulo *Web* foi desenvolvido para inclusão de informações sobre a noite de sono da criança e como ela passou o dia, gerando, assim, uma base de dados para análise. Esperamos que esse sistema, em conjunto com a base produzida, possa ajudar pais e cuidadores a compreender melhor o comportamento de crianças autistas.

Palavras-Chave— Internet das Coisas, Sistemas de Coleta de Dados, Análise de Dados, TEA.

Abstract— This work proposes a system for collecting behavior data from children with Autism Spectrum Disorder (ASD). The system is composed by sensors and a microcontroller connected to the cloud, collecting environmental data in a real scenario, considering an autistic child sleeping in his room. A *Web* module was developed to include information about the child's night's sleep and how he spent the day, thus generating a database for analysis. We hope that this system, together with the base produced, can help parents and caregivers to better understand the behavior of autistic children.

Keywords— Internet of Things, Data Collection Systems, Data Analysis, ASD.

I. INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um transtorno do desenvolvimento neurológico, cujas principais características são a dificuldade de comunicação e de interação social, além da presença de alguns comportamentos repetitivos. Ele é permanente e sem cura até o momento. Porém, há comprovações de que a intervenção precoce pode alterar o prognóstico e atenuar vários dos sintomas [1].

Dada a relevância deste tema, são muitas as pesquisas realizadas sobre os diversos aspectos relacionados ao TEA, inclusive por pesquisadores de áreas não diretamente relacionadas à saúde [2], [3]. Um dos problemas mais estudados nesse contexto é a relação entre a baixa qualidade do sono e o comportamento do indivíduo, principalmente no caso de crianças. Diversos estudos já relacionaram esses fatores e chegaram à conclusão de que o primeiro pode impactar negativamente no segundo, sendo muito bem documentada na literatura científica a importância do sono para manter o bom funcionamento dos processos biológicos e psicológicos

Leandro de S. L. Chernicharo, PPCIC, CEFET/RJ, Rio de Janeiro-RJ, e-mail: leandro.chernicharo@aluno.cefet-rj.br; Eduardo Bezerra, PPCIC, CEFET/RJ, Rio de Janeiro-RJ, e-mail: ebezerra@cefet-rj.br; Felipe da R. Henriques, PPCIC, PPGIO, Coordenação de Telecomunicações, CEFET/RJ (*campus* Petrópolis), Petrópolis-RJ, e-mail: felipe.henriques@cefet-rj.br.

críticos, incluindo o aprendizado, a memória, a comunicação social e o desenvolvimento neural [3], [4].

Existem duas maneiras de coletar dados relacionados ao sono: as subjetivas e as objetivas. As subjetivas são baseadas em questionários preenchidos por pais ou cuidadores, como o *Child Behavior Checklist* (CBCL) [5]. As objetivas fazem uso de dispositivos tecnológicos para obter os dados, sendo as mais comuns a actigrafia e a polissonografia [3]. Observou-se na literatura pesquisada que, até o momento, os estudos mais relevantes relacionados a este assunto utilizaram como principais ferramentas de levantamento de dados o CBCL (ou parte dele), além dos dois métodos objetivos citados anteriormente. O que se pôde constatar é que, de forma geral, há uma boa relação de acurácia entre os dados obtidos de forma subjetiva e objetiva, principalmente entre o CBCL e a actigrafia. É frequente a citação de que ambos os métodos se complementam, apesar de haver eventuais inconsistências [3], [7], [8]. Entretanto, é frequente entre os pesquisadores estudados para a realização deste trabalho que sistemas que façam uso de múltiplas formas de coleta de dados, além do cruzamento de mais variáveis observadas, são necessários para se obter informações mais precisas [9], [10].

Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento e a implementação de um sistema de coleta de dados comportamentais de crianças com TEA. O sistema proposto faz uso de sensores de diversos tipos e um microcontrolador, que conta com uma interface *Wi-Fi* de modo a realizar a comunicação dos dados coletados para um banco de dados na nuvem. Além dos dados provenientes do ambiente em que a criança dorme, coletados pelos sensores, um módulo *Web* também foi desenvolvido para que os pais possam incluir informações sobre a noite de sono da criança e como ela passou o dia. Cumpre destacar que os dados foram coletados a partir de um cenário real, com uma criança autista dormindo em seu quarto e que os resultados preliminares obtidos indicam que o sistema se mostrou confiável e viabiliza a construção desta e de futuras bases de dados abertas para pesquisa de um tema multidisciplinar de alta relevância.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Em [12], os autores apresentam uma ampla revisão bibliográfica sobre as evidências existentes acerca das características ótimas em um bom ambiente de sono, no que diz respeito a ruído, temperatura, iluminação e qualidade do ar, com o intuito de prover recomendações específicas para cada uma dessas variáveis. Após criterioso e longo estudo, chegaram aos seguintes valores:

- (i) Ruído: deve ser inferior a 35 dB;
- (ii) Temperatura e umidade: devem se manter alinhadas (evitando os extremos simultaneamente), variando entre 17 - 28°C e 40 - 60% UR, respectivamente;
- (iii) Iluminação: o ambiente deve estar em completa escuridão. A luz azul (televisão, smartphone, etc.) também deve ser evitada quando se deitar para dormir;
- (iv) Qualidade do ar: o ambiente deve ser ventilado e bem oxigenado;
- (v) Dióxido de carbono (CO₂): deve estar entre 835 e 900 ppm;
- (vi) Monóxido de carbono (CO): deve estar no intervalo de 1,3 até 1,75 ppm;
- (vii) Compostos orgânicos voláteis (VOC): devem estar no intervalo de 0,062 até 0,102 ppm.

Os valores indicados acima são usados como base para a calibração dos sensores considerados no sistema proposto neste trabalho.

Já em [2], uma cama padrão foi modificada, onde sensores de diversos tipos foram adicionados, a fim de coletar informações sobre a temperatura do colchão, batimentos cardíacos, ritmo respiratório e movimentos. Para tanto, utilizaram células de carga e filmes eletromecânicos (EMFi), realizando balistocardiogramas (BCG). A intenção do trabalho era criar um instrumento não invasivo para coleta de dados relacionados ao sono de crianças com autismo em grau severo. Um requisito considerado era que as modificações na cama não fossem percebidas pelo paciente, o que poderia alterar drasticamente sua resposta ao ambiente e ao sono. Nenhum outro sensor de monitoramento do ambiente foi adicionado à pesquisa. Os resultados indicaram que a frequência cardíaca, a taxa de respiração e o movimento do indivíduo são confiáveis e seguros ao usar células de carga em conjunto com filmes eletromecânicos, precisando de evolução no que concerne à temperatura do colchão.

Em [13], desenvolveu-se um dispositivo de polissonografia portátil e utilizável junto ao corpo, direcionado ao uso doméstico. Esse dispositivo se baseia na arquitetura de Internet das Coisas (IoT) [15], [16], fazendo uso do padrão de rede sem fio *Bluetooth* para transferência dos dados coletados ao longo da noite para um computador, no qual um *software*, também desenvolvido na pesquisa, trata esses dados e permite a transferência dos mesmos para hospitais, através da Internet. O uso de polissonografia pode ser bastante popularizado através de dispositivos desse tipo, uma vez que é uma maneira considerada confiável para monitoramento do sono. Porém, o alto número de cabos a serem conectados ao corpo do paciente torna bastante complexo o uso desse tipo de equipamento em crianças autistas, que na imensa maioria das vezes possuem altíssima sensibilidade a esses estímulos sensoriais [1].

O projeto de um travesseiro equipado com dispositivos e que faz uso de IoT para monitoramento do sono foi proposto em [14]. Os parâmetros coletados foram som, umidade, vibração, luminosidade e temperatura. tendo os dois últimos ficado fora do travesseiro interagindo diretamente com o ambiente. Seus papéis seriam abrir ou fechar cortinas e ligar ou desligar um aparelho de ar condicionado, respectivamente, porém esses comportamentos não foram implementados pelos

autores. O padrão de respiração também foi analisado para identificar se a pessoa estava roncando (falta de movimento acontecendo simultaneamente com entrada de ruído). Em caso positivo, um som de mosquito seria tocado embaixo do travesseiro, fazendo com que a pessoa se mexesse, mudando de posição e interrompendo o ronco. Este recurso também não foi desenvolvido pelos autores. É importante ressaltar que os dados relacionados à respiração não foram armazenados para comporem a pesquisa, sendo utilizados apenas para identificar o ronco.

A cama inteligente desenvolvida por [2] foi utilizada em [3] para coletar dados do sono de crianças autistas. O objetivo do trabalho era descobrir uma possível relação entre a qualidade do sono e o comportamento da criança e, em caso positivo, se seria possível prever o comportamento da criança a partir da qualidade de seu sono e vice-versa. O experimento teve duração aproximada de 7 meses (pouco mais de 200 noites de sono), durante o qual foram coletados e analisados os dados dos BCGs de dois indivíduos com TEA pouco funcionais. Esses dados foram utilizados por dois algoritmos de aprendizado de máquina - Máquina de Suporte Vetorial (SVM) e Redes Neurais Artificiais (RNA) - na construção de um modelo de classificação para prever o comportamento diurno da criança no que concerne à agressividade, auto-lesão e mal comportamento em sala de aula, obtendo 79%, 84% e 78% de acurácia média, respectivamente. No sentido inverso, eles obtiveram 82%, 78% e 81% de acurácia média para inquietação durante a noite, tempo total de sono e demora para começar a dormir, respectivamente.

A Tabela I apresenta as principais contribuições e lacunas (no que diz respeito ao armazenamento e análise dos dados coletados) identificadas nos trabalhos identificados nesta pesquisa, das quais uma delas faz parte das contribuições deste trabalho: a criação de uma base de dados coletados.

III. O SISTEMA DE COLETA PROPOSTO

Nesta seção será apresentado o sistema de coleta, começando pela arquitetura e infraestrutura de computação em nuvem necessárias, em sequência detalhando o dispositivo de coleta que foi construído.

A. Arquitetura e infraestrutura

O sistema é composto por duas grandes partes: (i) um módulo de coleta de dados sobre a noite de sono da criança; (ii) e uma aplicação *Web* para entrada de dados pelos seus responsáveis. A Figura 1 apresenta a arquitetura do sistema.

No primeiro módulo, um microcontrolador com interface *Wi-Fi* conectado a sensores de temperatura, umidade do ar, movimento, ruído, iluminação, monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos voláteis (VOCs) captura dados constantemente e os envia em formato JSON para um serviço em nuvem dedicado a dispositivos de Internet das Coisas. Este está configurado para persistir os arquivos recebidos em um banco de dados NoSQL, que é organizado em coleções diárias, para permitir melhor manutenção e gerenciamento dos dados e dos custos. Diariamente, uma função executa uma consulta que recupera os dados referentes à noite anterior, armazenando-os

TABELA I
CONTRIBUIÇÕES E LACUNAS DOS TRABALHOS RELACIONADOS.

Referência	Contribuições	Lacunas
[12]	Mapeia os valores mais adequados para variáveis relacionadas ao ambiente onde acontece o sono.	Não há
[13]	Cria um dispositivo de polissonografia portátil e pouco invasivo, o que facilita sua utilização em crianças autistas. Esse dispositivo coleta e transfere os dados para computadores através de IoT.	Não cria uma base de dados com os dados coletados para futura análise.
[14]	Cria um travesseiro inteligente que coleta dados sobre o ambiente em que seu usuário dorme, permitindo que atuadores ajam no ambiente alterando variáveis (temperatura e luminosidade) que impactam na qualidade do sono.	Não cria uma base de dados com os dados coletados para futura análise. Não implementou as ações dos atuadores, o que impede de sabermos se as variáveis modificados por estes afetariam, de fato, a qualidade do sono.
[3]	Coleta dados do ambiente do sono através de uma cama inteligente que utiliza IoT. Esses dados são analisados por algoritmos de aprendizagem de máquina para relacionar alguns comportamentos de crianças autistas com a qualidade do sono. Atingiu altos percentuais de precisão.	Experimentou apenas dois algoritmos de aprendizagem de máquina.

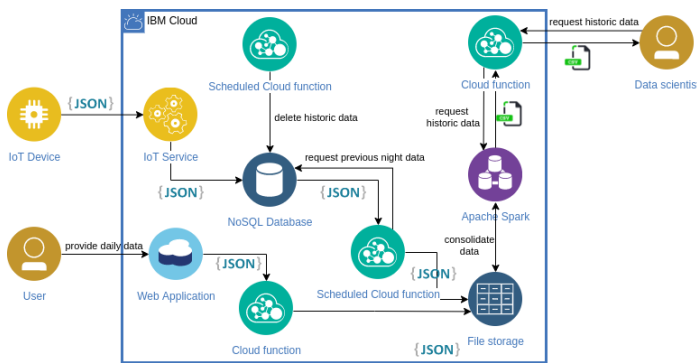


Fig. 1. Arquitetura do sistema proposto.

em um repositório de arquivos. Outra função agendada faz a limpeza do banco de dados todo último dia do mês.

A segunda parte do sistema (a aplicação Web) é responsável pela entrada de alguns dados relacionados ao dia da criança (fez atividade física, apresentou alteração de humor, etc.) e outras sobre seu sono (dormiu em ambiente diferente do habitual, roncou, etc.). Esses dados são salvos diretamente no repositório de arquivos, também no formato JSON. O objetivo de coletá-los é poder realizar um cruzamento com os dados obtidos pelos sensores, a fim de buscar eventuais relações entre o sono e o comportamento diário.

Para realizar a recuperação dos dados para exploração e análise, uma função disponibiliza-os através de um *endpoint*

REST seguro por autenticação e que pode ser acessado por qualquer linguagem ou ambiente de programação que suporte esse recurso. Ao ser disparada, essa função utiliza a API SQL do *Apache Spark* para consolidar todos os dados persistidos no repositório de arquivos em formato JSON, produzindo uma saída em formato CSV.

B. O dispositivo de coleta

O dispositivo de coleta, cujo diagrama do circuito é apresentado na Figura 2, foi construído sobre um microcontrolador ESP8266, que já possui comunicação *Wi-Fi* nativa. Diversos sensores foram utilizados para capturar os parâmetros ambientais do quarto da criança, conforme apresentado na Tabela II.

TABELA II
COMPONENTES UTILIZADOS NO DISPOSITIVO.

Componente	Tipo	Parâmetro	Sinal
74HC4052	Multi-plexador	N/A	Digital
DHT11	Sensor	Temperatura e Umidade	Digital
DS1307	Relógio	Data e Hora	Digital
ESP8266	NodeMCU	N/A	N/A
LDR	Sensor	Luminosidade	Analogico
LM386	Sensor	Som	Analogico
MQ-7	Sensor	Monóxido de Carbono	Analogico
MQ-135	Sensor	Gases Tóxicos	Analogico
PG6SD	Cartão SD	N/A	Digital
RCWL-0516	Sensor	Movimento e Presença	Digital

O módulo de cartão SD foi utilizado para redundância local, em caso de nenhuma rede *Wi-Fi* estar disponível no momento da transmissão. Quando a conexão é restabelecida, os arquivos armazenados no cartão são enviados para o servidor na nuvem.

O multiplexador 74HC4052 foi utilizado para ampliar o número de portas analógicas do NodeMCU, que é de apenas um. Como diversos sensores desse tipo foram utilizados, foi preciso usar esse componente para, através de chaveamento digital no momento da leitura dos parâmetros, selecionar qual de suas portas seria utilizada para enviar o sinal para a porta do microcontrolador, conforme descrito em [6].

O intervalo entre cada rodada de coleta de dados foi programado para 1,5 segundo, mas a duração aproximada de cada uma delas é de 8 segundos, pois, para os parâmetros analógicos, várias amostras são coletadas sequencialmente dentro de uma janela de 1 segundo. Após isso, o valor médio para o parâmetro é calculado e somente este é considerado no envio.

Ao final de cada ciclo, um arquivo JSON é montado e transmitido para o ambiente de nuvem. Conforme já mencionado, caso não haja conexão com a internet disponível, os dados são salvos localmente para envio posterior.

IV. BASE DE DADOS E RESULTADOS PRELIMINARES

A base de dados coletados é composta por dois conjuntos de dados: um coletado pelo microcontrolador (dados objetivos);

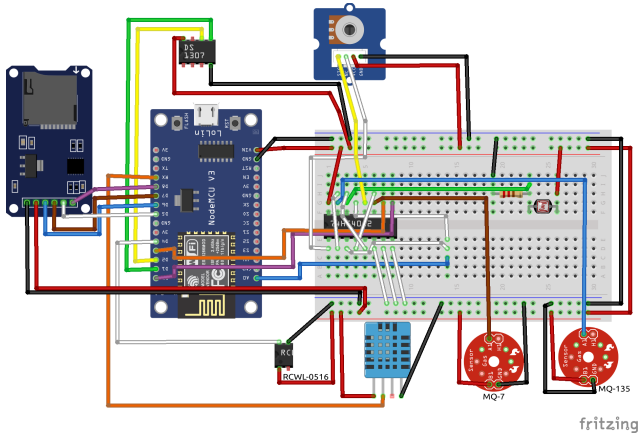


Fig. 2. Diagrama do circuito construído, de acordo com pinagem descrita em [6].

e o outro pelos formulários preenchidos pelos responsáveis (dados subjetivos). Os dados foram obtidos através de um experimento real com uma criança com transtorno do espectro autista de 9 anos. Os sensores, posicionados no quarto da criança, realizaram aquisição dos dados objetivos no período entre 19/04/2021 e 09/07/2021. Como complemento, os dados subjetivos foram preenchidos pelos pais da criança no mesmo período¹.

Os dados objetivos possuem 9 atributos e 226.553 observações relacionadas ao ambiente em que a criança dorme, coletados diariamente. A Tabela III apresenta um trecho do arquivo CSV que contém esses dados.

TABELA III
FORMATO DO ARQUIVO COM OS DADOS DOS SENSORES.

date	time	co	mvt	tox	sound	lux	tmp	hmd
2021-04-19	20:26:29	634	1	111	156	23	22.1	75.0
2021-04-19	20:26:36	758	1	136	202	28	22.1	74.0
2021-04-19	20:26:44	762	1	136	148	29	22.1	74.0
2021-04-19	20:26:51	761	1	136	149	34	21.7	72.0
2021-04-19	20:26:59	761	1	135	126	37	22.1	73.0

O atributo *date* é capturado no formato ano-mês-dia (padrão para todos os atributos desse tipo no trabalho), enquanto *time* é registrado no formato 24 horas e no fuso horário de Brasília. Já *co*, *tox*, *sound* e *lux* possuem valores entre 0 a 1023, indicando a intensidade do sinal captado pelo sensor. Assim sendo, um valor de 100 para o atributo *lux* indica um ambiente mais escuro do que um valor de 500. O atributo *mvt* possui valores 0 ou 1, indicando, respectivamente, ausência ou presença de movimento no ambiente no ato da coleta. Por fim, *tmp* é medido em graus Celsius e *hmd* em percentual (umidade relativa do ar).

Os dados subjetivos captam a percepção dos responsáveis sobre como foi a noite de sono e também o comportamento da criança ao longo do dia. Para facilitar sua apresentação e análise individual, os dados foram separados em dois sub-

¹Todos os dados estão disponíveis para novas pesquisas e análises em <https://github.com/PPCIC-FelipeHenriques/MscLCDData>.

conjuntos, um para a noite e outro para o dia. A Tabela IV apresenta a estrutura do primeiro grupo, que é composto por 6 atributos e 58 observações.

TABELA IV
FORMATO DO ARQUIVO COM OS DADOS DO FORMULÁRIO SOBRE A NOITE

(*c1*: BACKTOSLEEPTIME; *c2*: CRIED; *c3*: NIGHTDATE; *c4*: NIGHTMARES; *c5*: NUMBEROFWAKENINGS; *c6*: SNORE).

<i>c1</i>	<i>c2</i>	<i>c3</i>	<i>c4</i>	<i>c5</i>	<i>c6</i>
0.0	0	2021-06-03	0	0.0	0
0.0	0	2021-06-04	0	0.0	0
0.0	0	2021-06-05	0	0.0	0
0.0	0	2021-06-06	0	0.0	0
0.0	0	2021-06-07	0	0.0	0

Os atributos *backtosleeptime* e *numberofawakenings* indicam a quantidade de minutos que a criança demorou para voltar a dormir (quando este for o caso) e o número de vezes que ela acordou durante a noite, respectivamente. À exceção de *nightdate* (noite à qual se referem as respostas) as demais colunas indicam a ocorrência ou não daquele atributo em cada registro (*cried* (chorou), *nighmares* (teve pesadelos) e *snore* (roncou)).

O conjunto contendo os dados do formulário referente ao dia da criança contém 16 atributos e 60 observações, como mostra a Tabela V.

Nesse conjunto de dados, à exceção de *c3*, que está no formato de data, todas as colunas são de domínio discreto. Porém, *c7* e *c16* possuem quatro valores possíveis (Não, Sim, Parcialmente e Não se aplica), e *c15* possui três valores possíveis (Não, Sim e Não se aplica). Como não há relação ordinal entre os valores desses três atributos, recomenda-se a aplicação da estratégia *one hot encoding* nos mesmos, caso sejam utilizados como entrada para algoritmos de *data mining*.

A coluna *c1*, neste *dataset*, pode ser compreendida como um atributo alvo, uma vez que ela armazena um pontuação entre 0 e 10 atribuída pelo responsável sobre sua impressão a respeito do comportamento da criança naquele dia, sendo 0 o equivalente a “muito abaixo do esperado”, enquanto 10 significa “muito acima do esperado”. O valor 5 indica o comportamento habitualmente esperado. A Figura 3 apresenta

TABELA V
FORMATO DO ARQUIVO COM OS DADOS DO FORMULÁRIO SOBRE O DIA

(*c1*: BEHAVIOR; *c2*: CLINICALCOMPLICATION; *c3*: DAY; *c4*: GASTRICCOMPLICATION; *c5*: ISOLATION; *c6*: LESSACTIVE; *c7*: MEDICATION; *c8*: MEDICATIONTOSLEEP; *c9*: PHYSICALACTIVITIES; *c10*: QUIETER; *c11*: REPETITIVEBEHAVIOR; *c12*: ROUTINECHANGES; *c13*: SENSORIALCOMPLICATION; *c14*: SLEEPY; *c15*: WENTTOSCHOOL; *c16*: WENTTOTHERAPY).

<i>c1</i>	<i>c2</i>	<i>c3</i>	<i>c4</i>	<i>c5</i>	<i>c6</i>	<i>c7</i>	<i>c8</i>	<i>c9</i>	<i>c10</i>	<i>c11</i>	<i>c12</i>	<i>c13</i>	<i>c14</i>	<i>c15</i>	<i>c16</i>
7	0	2021-05-2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
5	0	2021-05-22	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	2	3
7	0	2021-05-24	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
7	0	2021-05-27	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
6	0	2021-05-29	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	2	3

o histograma com a distribuição desses valores, a partir dos dados considerados neste experimento. Pode-se observar que a criança monitorada através do sistema de coleta proposto apresentou comportamento habitual na maior parte das noites no período de observação (valor 5 apresentando maior frequência no histograma). Isso pode indicar que, nesse período, o ambiente em que ela se encontrava durante o sono apresentava condições adequadas.

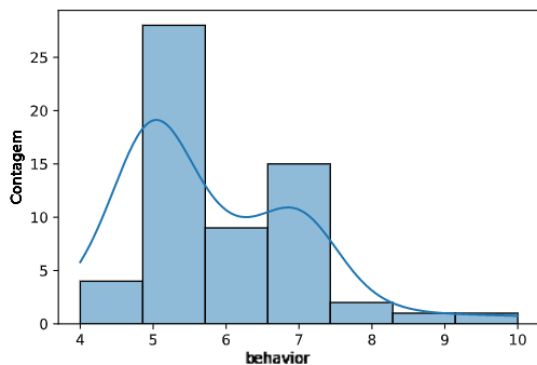


Fig. 3. Histograma da coluna behavior (atributo alvo).

Os dados coletados também apresentaram algumas relações interessantes, como a representada na Figura 4. Nela, é possível perceber que há um significativo número de observações em que a intensidade de sinal sonoro mais baixa incide em notas melhores para o atributo alvo. Isso corrobora com as definições de [12], que recomendam um ambiente pouco ruidoso para uma boa noite de sono.

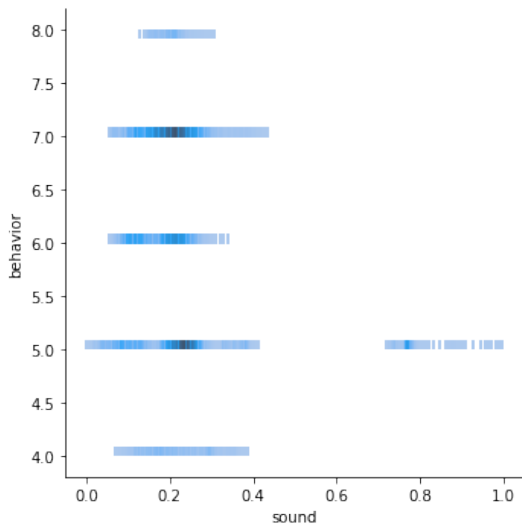


Fig. 4. Cruzamento entre a pontuação do comportamento da criança e os valores do sensor de som que, por questões de escala, foram normalizados.

V. CONCLUSÕES E FUTURAS DIREÇÕES

Este trabalho propõe um sistema de coleta de dados de comportamento de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), através da entrada por formulários e um conjunto de sensores conectados a um microcontrolador. Toda a arquitetura

é baseada em computação em nuvem. Os resultados preliminares obtidos indicam que o sistema proposto pode ser utilizado por demais pesquisadores no futuro para a construção de bases de dados abertas relacionadas a este tema que é de interesse social mundial e multidisciplinar.

Como desafios na implementação, destacam-se a pouca diversidade de sensores no nosso mercado e o pequeno número de trabalhos relacionados utilizando esta mesma tecnologia.

Pretende-se ampliar este trabalho, aumentando a base de dados e analisando os dados coletados através de técnicas de aprendizado de máquina e *data mining*, buscando padrões, predições e relações ainda não previstas ou identificadas entre as variáveis relacionadas às condições do ambiente em que a criança afetada pelo TEA dorme e o respectivo comportamento ao longo dos dias.

REFERÊNCIAS

- [1] Pediatria., S. *Manual de Orientação: Transtorno do Espectro do Autismo*. (Disponível em: <https://tinyurl.com/SBP-TEA,2019>)
- [2] Carlson, C., Suliman, A., Prakash, P., Thompson, D., Wang, S., Natarajan, B., Warren, S. *Bed-based instrumentation for unobtrusive sleep quality assessment in severely disabled autistic children. 2016 38th Annual International Conference Of The IEEE Engineering In Medicine And Biology Society (EMBC)*. pp. 4909-4912 (2016)
- [3] Alivar, A., Carlson, C., Suliman, A., Warren, S., Prakash, P., Thompson, D. & Natarajan, B. *A pilot study on predicting daytime behavior and sleep quality in children with ASD. 2019 IEEE Signal Processing In Medicine And Biology Symposium (SPMB)*. pp. 1-5 (2019)
- [4] Karthikeyan, R., Cardinali, D., Shakunthala, V., Spence, D., Brown, G. & Pandi-Perumal, S. *Understanding the role of sleep and its disturbances in Autism spectrum disorder. International Journal Of Neuroscience. 130*, 1033-1046 (2020)
- [5] ASEBA *School-Age (CBCL, TRF, YSR, BPM/6-18)*. (Disponível em: <https://aseba.org/school-age,2001>)
- [6] NEXPERIA *Dual 4-channel analog multiplexer/demultiplexer*. (Disponível em: https://assets.nexperia.com/documents/datasheet/74HC_HCT4052.pdf,2022)
- [7] AlBacker, N. & Bashir, S. *Assessment of parent report and actigraphy for sleep in children with autism spectrum disorders. Pilot study. Neurology, Psychiatry And Brain Research. 23* pp. 16-19 (2017)
- [8] Richdale, A., Schreck, K. *Sleep problems in autism spectrum disorders: prevalence, nature, possible biopsychosocial aetiologies. Sleep Medicine Reviews. 13*, 403-411 (2009)
- [9] Mazurek, M., Dovgan, K., Neumeyer, A. & Malow, B. *Course and predictors of sleep and co-occurring problems in children with autism spectrum disorder. Journal Of Autism And Developmental Disorders. 49*, 2101-2115 (2019)
- [10] Verhoeff, M., Blanken, L., Kocevskaja, D., Mileva-Seitz, V., Jaddoe, V., White, T., Verhulst, F., Luijk, M. & Tiemeier, H. *The bidirectional association between sleep problems and autism spectrum disorder: a population-based cohort study. Molecular Autism. 9*, 1-9 (2018)
- [11] Yacchirema, D., Sarabia-Jácome, D., Palau, C. & Esteve, M. *A smart system for sleep monitoring by integrating IoT with big data analytics. IEEE Access. 6* pp. 35988-36001 (2018)
- [12] Caddick, Z., Gregory, K., Arsintescu, L. & Flynn-Evans, E. *A review of the environmental parameters necessary for an optimal sleep environment. Building And Environment. 132* pp. 11-20 (2018)
- [13] Lin, C., Prasad, M., Chung, C., Puthal, D., El-Sayed, H., Sankar, S., Wang, Y., Singh, J. & Sangaiah, A. *IoT-based wireless polysomnography intelligent system for sleep monitoring. IEEE Access. 6* pp. 405-414 (2017)
- [14] Veiga, A., Garcia, L., Parra, L., Lloret, J. & Augele, V. *An IoT-based smart pillow for sleep quality monitoring in AAL environments. 2018 Third International Conference On Fog And Mobile Edge Computing (FMEC)*. pp. 175-180 (2018)
- [15] Atzori, Luigi and Iera, Antonio and Morabito, Giacomo *The Internet of Things: A Survey. Comput. Netw.* vol. 54. no. 15. pp. 2787–2805 (2010)
- [16] Al-Fukaha, A. and Guizani, M. and Mohammadi, M. and Aledhari, M. and Ayyash, M. *Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols and Applications. IEEE Communications Surveys and Tutorials.* vol. 17. no. 4. pp. 2347–2376 (2015)