

## Music Spectrum: A Collaborative Immersion Musical System for Children with Autism

### Music Spectrum: um Sistema Colaborativo de Imersão Musical para Crianças com Autismo

David Lima

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)  
Programa de Pós-graduação em Informática (PPGI)  
Manaus-Am, Brasil  
david.lima@icomp.ufam.edu.br

Thais Castro

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)  
Programa de Pós-graduação em Informática (PPGI)  
Manaus-Am, Brasil  
thais@icomp.ufam.edu.br

**Abstract**—This research reports on autism, music therapy and immersive collaborative systems, defining and proposing a collaborative system for immersive music, the Music Spectrum, assisting in development of communication skills, imagination and social interaction of children with autism.

**Keywords**- *Immersive Collaborative Systems; Autism Spectrum Disorder; Music Therapy; Social Interaction; Music Spectrum.*

**Resumo**— Esta pesquisa relata sobre o autismo, musicoterapia e sistemas imersivos de colaboração, definindo e propondo um sistema colaborativo de imersão musical, o Music Spectrum, auxiliando no desenvolvimento de habilidades de comunicação, imaginação e interação social de crianças com autismo.

**Palavras chave**- *Sistema Colaborativo Imersivo; Transtorno do Espectro Autista; Musicoterapia; Interação Social; Music Spectrum.*

#### I. INTRODUÇÃO

As novas tecnologias da informação, considerando o uso na medida certa, ao contrário do que se pensava, podem ajudar as crianças a incrementar o aprendizado e a interação social. Os avanços das informações, das representações gráficas, das animações e dos conteúdos dinâmicos são várias vezes fatores exclusivos para um número cada vez mais significativo de usuários com necessidades especiais, sejam elas físicas, cognitivas, motoras, ou até mesmo por problemas de incompatibilidade em plataformas de softwares ou hardwares [1].

Esses fatores de exclusão vêm balizando o que tange ao contexto da Inteligência Artificial; Sistemas Inteligentes; Interação Homem-Computador; Acessibilidade e Usabilidade de Software; e das Tecnologias Assistivas, estabelecendo as regras e normas para a concepção de novos projetos, sintonizados com a inclusão de pessoas com transtornos globais de desenvolvimento nos contextos digital e virtual.

Para vários autores, dentre os quais [2, 3, 4, 5], a exploração da Realidade Virtual (RV) apresenta diversas

vantagens de uso em relação a outras tecnologias para reabilitação cognitiva ou melhoria de habilidades de interação social com crianças com TEA, pois possui uma interface que gera um alto nível de motivação, apresentando recursos que esclarecem a compreensão de conceitos abstratos, permitindo fazer observação de cenas em diferentes situações, oferecendo-lhes uma oportunidade de vivência em determinadas situações de maneira individualizada.

Apesar da importância da comunicação no desenvolvimento de crianças com autismo e das investigações que afirmam que a musicoterapia possui influência positiva no tratamento para reabilitação cognitiva e de melhoras nas habilidades de comunicação e interação social, os achados em publicações que agregue a musicalização em ambientes de realidade virtual ainda são inconclusivos.

A questão da interação social permanece aberta em termos de como analisa-la e compreendê-la. Em especial, são poucos os estudos envolvendo a interação social em Sistemas Colaborativos de Imersão Musical para crianças com autismo. A utilização de tal Sistema pode encorajar a participação das crianças, permitindo-lhes que participem de atividades semelhantes ao mundo real, propiciando-lhes um ambiente motivador para a aquisição de conhecimento e de habilidades de socialização.

Logo, o objetivo dessa pesquisa é definir e construir um ambiente colaborativo de realidade virtual que auxilie no processo de socialização de crianças com autismo, conforme as habilidades da musicoterapia e interação social.

A próxima seção comenta sobre transtorno do espectro autista, sua caracterização e sobre a triade do autismo. A Seção III relata sobre musicalização no autismo, mostrando suas principais contribuições e desafios. A arquitetura e a metodologia do Sistema são relatadas na seção IV. Atividades realizadas e cronograma são apresentados na seção V.

#### II. TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

Os conceitos de autismo e dos Transtornos Invasivos do Desenvolvimento (TID) foram elaborados e continuamente

revisados por diferentes autores. Conforme Klin [6], autismo ou Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) refere-se a uma complexa família de distúrbios da socialização, com início precoce e curso crônico, que possuem um impacto variável em áreas múltiplas e nucleares do desenvolvimento, desde o estabelecimento da subjetividade e das relações pessoais, passando pela linguagem e comunicação, até o aprendizado e as capacidades adaptativas.

Estudos sobre autismo mostram uma alta incidência de crianças com o transtorno, aproximadamente 1:100 crianças. Apesar destes números impressionantes, existem poucos programas ou ambientes virtuais disponíveis no mercado para apoiá-las [7].

O termo autismo surgiu originalmente com Kanner em 1943, quando o mesmo descreveu um grupo de crianças que apresentavam um quadro clínico raro, na qual a desordem fundamental era a incapacidade de estabelecer contato afetivo e interpessoal com outras pessoas [8, 9]. Com o passar dos anos, vários foram os autores que, ao estudarem crianças com sintomas patológicos semelhantes, dedicaram-se a estabelecer diferentes hipóteses e posições teóricas sobre o autismo, dedicando-se em aspectos bastante específicos do mesmo [4, 6, 10]. As décadas de 80 e 90 foram marcadas por diversos questionamentos científicos relevantes, os quais buscaram esclarecer se o autismo estaria relacionado apenas a déficits cognitivos ou implicaria na presença de déficits emotivo-sociais.

É neste cenário que começaram a desenvolver as primeiras teorias cognitivas para o autismo, as quais inicialmente foram propostas por [11] e [12]. Para [11] e [9], as crianças com transtorno do espectro autista apresentariam uma insuficiência de atribuir estados intencionais aos outros, ao apresentarem um déficit específico na sua Teoria da Mente. Tal déficit afetaria a habilidade da criança para prever o comportamento dos outros e tornar o mundo menos ameaçador.

#### A. Triade do Autismo

Na ausência de um marcador biológico natural, o diagnóstico do transtorno autista é uma decisão clínica arbitrária, levando em consideração as observações e classificações dos Transtornos Globais do Desenvolvimento (TGD) do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-IV-TR) da American Psychiatric Association [13].

Conforme ilustra a Fig. 1, o autismo tem como principal característica uma tríade de prejuízo nas áreas da interação social, desvio na capacidade de comunicação tanto verbal quanto não verbal e ausência do uso de atividades imaginárias [8, 13].



Figura 1. Tríade do Autismo.

Em [14], os autores afirmam que a tríade é responsável por um padrão de comportamento específico e repetitivo, porém com condições de inteligência que frequentemente variam do retardo mental a níveis de QI acima da média. Os indivíduos autistas normalmente ignoram a presença de objetos e eventos, o que os afasta a possibilidade de comunicação e interação social.

Conforme [15], do ponto de vista etimológico, interação social é a ideia de ação entre duas pessoas ou então a ação conjunta e interdependente de pelo menos dois participantes que produz alterações tanto nos sujeitos como na conjuntura na qual a interação se desenvolve.

O processo de interação social é fundamental para o desenvolvimento cognitivo das crianças com TEA, sendo este processo, resultado de procedimentos de mediação simbólica que acontecem na criação e uso dos signos dentro de um contexto é complexo, pois se desenvolve com a participação dos sujeitos e dos signos inseridos no contexto. Diversos autores avaliam o déficit da interação social no autismo como sendo um déficit trivial. Entre eles destacam-se [16] e [17].

Para [17], a principal característica do autismo é a limitação de ter um “sentido da relação pessoal” e de vivenciar tal relação, ou de criar um significado para a interação social e consequentemente participar da mesma. Porém, para [16] essa limitação é uma falha na “representação do ser pessoa” devido à limitação da compreensão dos estados mentais das pessoas, denominado de Teoria da Mente.

Os jogos de imitação social ou brincadeiras de lazer variadas e espontâneas, apropriadas ao nível de desenvolvimento da criança autista, encontram-se ausentes [15].

Comumente, existe uma adesão aparentemente inflexível a hábitos restritos e não funcionais. Outra característica marcante é o “maneirismo” e as estereotipias motoras circulares. Essas crianças demonstram uma preocupação persistente com partes de objetos [13].

Geralmente, crianças com TEA possuem pouca ou nenhuma estratégia para dividir a atenção com os outros. Além disso, procuram evitar o contato visual com

frequência, utilizando mais a percepção periférica do que a direta [15].

Algumas pessoas com TEA têm dificuldades de desenvolvimento global das suas competências, enquanto outras possuem competências e habilidades elevadas em determinadas áreas, como música e cálculo, manifestando significativo atraso de desenvolvimento em outras áreas.

As habilidades de interação da criança devem ser interpretadas conforme o contexto onde a criança está inserida.

Com relação às características da interação social em crianças com autismo, [15] as classifica em quatro grupos: Isolamento Social; Interação Passiva; Interação Ativa-porém-estranha e Interação Hiperformal. Todas estas categorias se diferenciam pelo grau de reciprocidade na interação estabelecida com outros sujeitos, na qual o isolamento social apresenta o grau mais severo entre os tipos.

### III. MUSICOTERAPIA

A musicoterapia vem se esforçado para definir-se como área da pesquisa científica por mais de 50 anos [9]. Para diversas doenças como a esquizofrenia, dislexia, Parkinson e uma série de transtornos de desenvolvimento, musicoterapeutas vem tentando registrar e especificar os benefícios por meio de intervenções da música na vida dos pacientes.

Contudo, alguns autores questionam a metodologia da musicoterapia, considerando-a falha, com abrangência limitada, critérios de avaliação injustificada e a eficácia do uso da música para tratamento cognitivo [18].

Porém, para [19] a musicoterapia é um processo científico, sistemático e de intervenção, na qual o terapeuta ajuda o paciente a promover saúde, utilizando de experiências musicais e as relações que se desenvolvem através delas, como forças dinâmicas de mudança.

As técnicas de musicoterapia incluem improvisação musical livre e estruturada. Os processos que ocorrem dentro da improvisação musical podem ajudar pessoas com transtorno do espectro autista a desenvolver sua capacidade de interação social, suas habilidades de comunicação e de imaginação [19]. Para [9] antes de se trabalhar com música no processo de intervenção com usuários autistas, é preciso entender que o componente social de se fazer música serve para propiciar significativa participação social.

As crianças com TEA, especialmente nos primeiros anos, podem recusar ou ignorar qualquer tipo de contato com outra pessoa ou objeto, inclusive com familiares [9]. A música e a musicoterapia podem ser muito efetivas em reforçar e mudar o comportamento social das crianças com TEA através do uso de Ambiente de Realidade Virtual.

O uso de um sistema colaborativo de imersão musical facilita a comunicação, através do processo de fala e musicalização, estimulando o processo mental relativo à conceitualização, simbolismo e compreensão. Além de contribuir nas habilidades do comportamento sensitivo e motor, facilitando a interação social, criatividade e promovendo satisfação emocional.

Em [9], o autor afirma que é um desafio para os designers projetar para usuários com autismo, por causa dos

sintomas e observações neurais correlatas entre os indivíduos. A intervenção, na forma de alguma aplicação musical é adequada para examinar a contribuição dos vários aspectos da cognição ao comportamento exibido de um indivíduo com autismo.

No trabalho [20], verifica-se que o uso de ambientes de realidade virtual pode romper com os padrões de isolamento e abandono social, contribuindo com o desenvolvimento sócio-emotivo. Sabe-se que a inabilidade de interação social é uma das principais características de crianças com transtornos do espectro autista. Logo, romper este padrão e inserir a criança com TEA em ambientes virtuais é importante para combater as dificuldades cognitivas e perceptivas. Pelo seu caráter lúdico e de entretenimento, o ambiente pode fornecer um meio de interesse recíproco. Em vez de ameaçador, o ambiente se torna um meio de maior aproximação social das crianças com TEA, melhorando suas habilidades de comunicação e interação social [9, 19, 20].

### IV. ARQUITETURA E METODOLOGIA DO SISTEMAS MUSIC SPECTRUM

O Music Spectrum é um sistema colaborativo de imersão musical em estágio embrionário, proposto para crianças com autismo. Tem como objetivo despertar a criança com TEA em uma interação mais dinâmica, real, colaborativa, onde os usuários possam com desenvolver uma compreensão de causa, papel e efeito em termos de situações sociais variadas. No sistema, o usuário será incentivado a explorar o instrumento musical violino, participar e ser membro de algum grupo social, realizando atividades previamente cadastradas no Music Spectrum.

Durante o processo de concepção do Sistema, foi considerado que a pesquisa científica é formada por um conjunto de processos metódicos que tem por objetivo encontrar soluções para o problema proposto, mediante a utilização de modelos científicos.

O modelo do processo de desenvolvimento do Music Spectrum é baseado em [4] e mostrado na Fig. 2. Durante esse processo, foi necessário observar alguns pontos fundamentais, tais como: definição dos requisitos da interface, através da aplicação de entrevistas com os usuários; elaboração do projeto; prototipagem e avaliação.

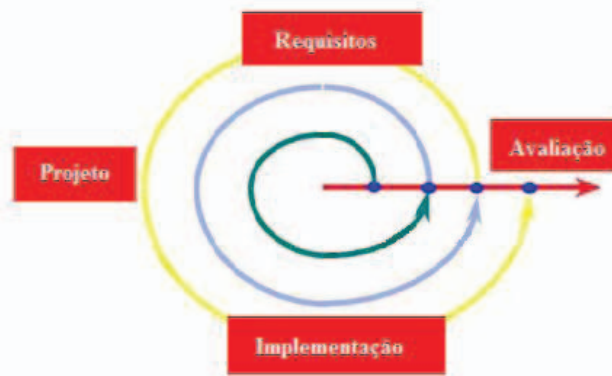


Figura 2. Processo de Desenvolvimento do Music Spectrum

Este modelo possibilita a integração de usuários e especialistas durante o desenvolvimento do produto, de maneira a gerar interfaces amigáveis e fáceis de serem manipuladas. O processo foi dividido em quatro fases:

- **Requisitos:** Consiste em quatro etapas: Definição de usuários, tarefas e tipos de interações; Definição dos requisitos gerais do Music Spectrum; Definição dos requisitos específicos; e Prototipação das telas;
- **Projeto:** Consiste em três etapas, sendo elas: Definição das tecnologias de entrada e saída; Definição das tecnologias de software e hardware; e Modelagem dos objetos comportamentais e de interação;
- **Implementação:** Definição e preparação das imagens; Construção dos objetos em 2D e 3D; e Construção do Music Spectrum na versão para iOS/iPad e OpenSim;
- **Avaliação:** Possui três etapas, como: Avaliação de Usabilidade, através da inspeção de usabilidade; Avaliação de Comunicabilidade, através do Método de Inspeção Semiótica (MIS) e Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC); e Avaliação do Music Spectrum pelos usuários através de questionário sobre satisfação de uso.

Após os testes, será comparado o nível de interação social observado entre o primeiro e o último teste. Será verificado também como a literatura aborda o nível de interação social conforme o diagnóstico da criança com autismo e o nível de interação observado durante as sessões. Se a criança apresenta uma melhora na interação social referente ao seu diagnóstico, provavelmente o ambiente satisfaz o objetivo, senão, o ambiente apresenta algumas questões que precisam ser exploradas. Tais questões serão levantadas no processo de avaliação.

O Music Spectrum será implementado utilizando a arquitetura do OpenSimulator (OpenSim), plataforma de código livre, multiusuário e que permite a criação e edição de aplicações e modelagem em 3D. O projeto do OpenSim está em constante desenvolvimento e sua versão atual (0.7.3.1) apresenta grande estabilidade para a maioria de recursos típicos de mundos virtuais, como o Second Life.

O OpenSimulator é um conjunto de servidores distribuídos que podem ter o seu código-fonte alterado sem restrição.

O Ambiente é baseado na arquitetura cliente/servidor, onde o servidor mantém todas as informações sobre o mundo virtual e envia as atualizações para os clientes que transformam os dados em realidade 3D e pode funcionar nos modos StandAlone e Grid. O modo StandAlone, conforme Fig. 3 mostra, é limitado a um número pequeno de usuários, pois um único processo é responsável por toda a simulação.

Já o modo Grid tem o potencial de ser mais eficiente conforme o número de usuários cresce, pois é possível distribuir serviços em máquinas diferentes, além de possuir a utilização de um banco de dados mais robusto.

O Music Spectrum é baseado no modo Grid, pois os serviços de dados não são parte do processo do servidor região, conforme Fig. 4. Em vez disso, os serviços são executados em um processo separado, permitindo que sejam

executados em máquinas completamente diferentes, se necessário. Neste modo, o OpenSim.exe atua apenas como o servidor região, servindo uma ou mais regiões que se comunicam com os serviços de dados em separado.

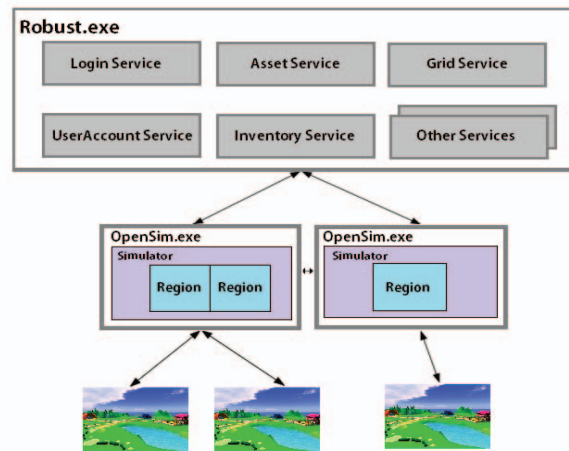


Figura 3. Modo StandAlone.

Logo, a arquitetura do Music Spectrum permite que o ambiente possa ser controlado e simplificado para o nível de estímulo de entrada tolerado pelo usuário (crianças); as cenas podem ser modificadas permitindo a generalização de atividades (por exemplo, o ato de criar músicas); os erros cometidos nestes ambientes não geram perigos às crianças autistas; o acompanhamento do usuário é individualizado através de cenários dinâmicos que se modificam de acordo com as respostas dadas ao ambiente.

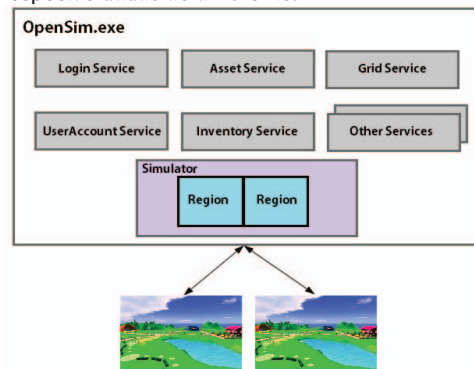


Figura 4. Modo Grid.

## V. ATIVIDADES REALIZADAS E CRONOGRAMA

Atualmente, já foram projetadas cinco telas do Music Spectrum, porém todas em 2D. Na tela inicial, o usuário pode editar seu perfil, visualizar seus amigos, seus grupos e todas as suas atividades. Conforme a Fig. 5 mostra, uma característica presente no ambiente é a semelhança com conceitos presentes nas redes sociais, como a existência de uma metáfora do mundo real das crianças, possibilidade de interação e colaboração com os demais usuários que são



seus amigos, fazendo parte de determinados grupos e praticando alguma atividade, propiciando um processo de interação similar a da vida real para as crianças com autismo.



Figura 5. Tela principal do Music Spectrum

Constata-se também a possibilidade de participar e executar atividades de forma colaborativa. No caso, a atividade Violin Spectrum está em destaque, pois é a primeira atividade que está sendo implementada do Music Spectrum. Quando o usuário seleciona Violin Spectrum, uma nova tela aparece com novas funcionalidades e interação, conforme Fig. 6.

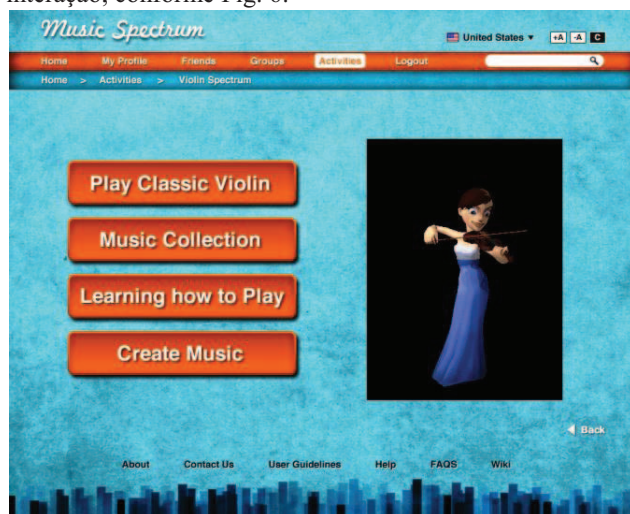


Figura 6. Menus da atividade Violin Spectrum.

Entre tais funcionalidades, está a opção Learning how to Play, como ilustrado na Fig. 7, onde o usuário terá acesso a informações básicas do violino, como notas musicais, partituras de músicas já armazenadas e a possibilidade de praticar. Esta opção funcionará como um modelo de tutorial. É interessante ressaltar que nesta opção, é necessário que o usuário participe de algum grupo social e participe de

atividades com os seus amigos. Todas as músicas nesta opção são tocadas de forma colaborativa.



Figura 7. Tela com a opção Learning how to Play.

O Music Spectrum está no segundo ciclo da fase de implementação do método de estudo de violino, conforme ilustrado na figura 2, em que o modo de aprender a tocar em grupo está sendo testado com crianças autistas que possuem alguma afinidade com música. Music Spectrum primeiramente foi implementado em iOS, sistema operacional móvel da Apple Inc., para utilização em iPad e iPhone, com o objetivo de realizar testes de interação e jogabilidade com os usuários, para posteriormente ser implementado e implantado na arquitetura do OpenSimulator.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho utilizou recursos do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFAM e o autor recebe bolsa de estudos da CAPES.

#### REFERÊNCIAS

- [1] D. Conforto e L. M. C. Santarosa. (2003). "Accessibility: Discussing Human-Computer Interaction on the Web," In: Martín Llamas-Nistal; Manuel J. Fernández-Iglesias; Luis E. Anido Rifon. (Org.). Computers and Education: Towards a Lifelong Learning Society. London: Kluwer Academic Publishers, 127-138, 2003.
- [2] R. Stuart. The Design of Virtual Environments. New York: McGrawHill, 1996.
- [3] J. C. Ribeiro e T. Falcão. "Mundos virtuais e identidade social: processos de formação e mediação através da lógica do jogo". Tecnologias de Comunicação e Subjetividade, vol. 16 (1), 2009, pp. 84-96.
- [4] R. M. Costa e L. A. Carvalho. "Uma Estrutura de Classificação para Estudo e Desenvolvimento de Ambientes Virtuais voltados para a Reabilitação," 4th SBC Symp. on Virtual Reality (SVR2001). Brazilian Computer Society, 2001, pp. 302-313.
- [5] A. A. Rizzo. "The Application of Virtual Environments for Mental Healthcare," IEEE Virtual Reality Conference 2001 (VR 2001). Pacifico Yokohama Conference Center, 2001, pp. 307.

- [6] A. Klin. "Autism and Asperger syndrome: an overview," *Revista Brasileira Psiquiatria*, vol. 28 (1), 2006, pp. 3-12.
- [7] R. M. Cunha. Desenvolvimento e avaliação de um jogo de computador para ensino de vocabulário para crianças com autismo. Dissertação de Mestrado em Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2011.
- [8] R. Drummond, L. Carvalho, R. Costa, J. Facion e S. Nogueira. "A Estimulação Cognitiva de Pessoas com Transtorno Autista através de Ambientes Virtuais," *Cadernos do IME – Série Informática da UERJ*, vol. 13, 2002.
- [9] A. Boulanger. Autism, New Music Technologies and Cognition. Dissertação de Mestrado em Science in Media Arts and Sciences. Massachusetts Institute Of Technology: 2006.
- [10] R. Dorsey e A. M. Howard. "Examining the Effects of Technology-Based Learning on Children with Autism: A Case Study," 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 2001. pp. 260-261.
- [11] U. A. Frith. "New Perspective In Research On Autism". In: Arapis (eds), *Contributions A La Recherche Scientifique Sur Autism: Aspects Cognitifs*, Paris: Association Pour La Recherche Sur L'Autisme Et Les Psychoses Infantiles, 1984.
- [12] S. Baron-Cohen, A. M. Leslie e U. Frith. "Does The Autistic Child Have a Theory of Mind?," *Cognition*, vol. 21, 1985, pp. 37-46.
- [13] American Psychiatric Association. DSM-IV-TR – Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- [14] K. Yates e A. L. Couteur. "Diagnosing autism," *Pediatrics and Child Health*, vol. 19 (2), 2009, pp. 55-59.
- [15] L. M. Passerino e L. M. C. Santarosa. "Interação Social no Autismo em Ambientes Digitais de Aprendizagem," *Psicologia: Reflexão e Crítica*, vol. 20 (1), 2007, pp. 54- 64.
- [16] S. Baron-Cohen. "Autismo: Uma alteração cognitiva específica de 'cegueira mental'." *Revista Portuguesa de Pedagogia*, vol. 24, 1990, pp. 407-430.
- [17] P. R. Hobson. *El autismo y el desarrollo de la mente*. Madrid Alianza, 1993.
- [18] A. Vink, J. Birks, M. Bruinsma e R. Scholten. "Music therapy for people with dementia," *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 4, 2003, doi: 10.1002/14651858.CD003477.pub2.
- [19] C. Gold, T. Wigram e C. Elephant. "Music therapy for autistic spectrum disorder," *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 2, Abr 2006, doi: 10.1002/14651858.CD004381.pub2.
- [20] M. C. P. Padilha. *A Musicoterapia no Tratamento de Crianças com Perturbação do Espectro do Autismo*. Dissertação de Mestrado. Portugal, Universidade da Beira Interior, Faculdade de Ciências da Saúde, 2008.