

# School Inclusion Using Computational Monitoring Of Reading For Students With Dyslexia

Jorge Zavaleta  
Sistemas de Informação  
Universidade Estácio de Sá - UNESA  
Rio de Janeiro, Brasil  
zavaleta.jorge@gmail.com

Renato Cerceau  
Pesquisador – UFRJ  
Agencia Nacional de Saúde Suplementar -  
ANS  
Rio de Janeiro, Brasil  
cerceau@ufrj.br

Elaine Sigette  
ICHS/VAD  
Universidade Federal Fluminense - UFF  
Volta Redonda, Brasil  
elainesigette@id.uff.br

Macário Costa & Sergio M. Serra da Cruz  
DCC & PPGMMC/PET-SI  
Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro - UFRRJ  
Rio de Janeiro, Brasil  
{macario,serra}@ufrj.br

Laci Mary Barbosa Manhães  
PEB Santo Antônio de Pádua  
Universidade Federal Fluminense - UFF  
Santo Antônio de Pádua, Brasil  
mary\_manhaes@id.uff.br

Ricardo Cerceau  
Pesquisador  
Universidade Federal do Rio de Janeiro -  
UFRJ  
Rio de Janeiro, Brasil  
ricardo.cerceau@gmail.com

**Abstract**— This article presents a computational system for automatic reading monitoring in students with dyslexia in a context of school inclusion to avoid early school leaving. Based on the pyramidal approach of Response to Intervention (RtI) and fuzzy logic the computational modeling of the system was proposed. For interventions monitoring were used specific texts for each school year. Reading performance was measured using the reading speed variable for each student and school year according to DSM-5 and modeled using a fuzzy system determining the degree of severity of the dyslexic student throughout the intervention process. For the second layer of RtI (RtI-2) for second-year students were applied the Reading tests. The tool can help specialists to deal with dyslexia in the context of school inclusion and to have an education more sensitive to the specific difficulties and learning times of each student.

**Keywords**—monitoring, reading, dyslexia, RTI, fuzzy logic

## I. INTRODUÇÃO

A aprendizagem é um processo inerente ao ser humano que acontece de maneira constante e dinâmica dependente de estímulos externos e internos. Ela está relacionada diretamente aos processos adaptativos com o objetivo de ter uma resposta mais adequada [1] ao estímulo dado. A capacidade de aprendizagem é aprimorada principalmente durante o período escolar. No entanto, sempre é possível encontrar estudantes com alguma Dificuldade de Aprendizagem (DA) na captação ou assimilação dos conteúdos curriculares propostos para cada ano letivo [2]. Essas dificuldades podem ser de origem: hereditária; psicológica (ocasionadas por traumas); acidental (veicular, queda, pancada); social; tecnológica; ou outra forma que tenha provocado a alteração da capacidade de aprendizagem com consequências na vida acadêmica e social.

A DA é conhecida como um Transtorno Específico de Aprendizagem (TEA) [3] e pode ser facilmente observada no contexto acadêmico [4] e social. Um estudante com TEA pode apresentar sintomas como: baixo rendimento escolar quando comparado com o esperado para sua idade cronológica; baixo rendimento acadêmico embora seja considerado inteligente; dificuldades em manter a atenção e por isso parecer estar sempre desconcentrado; melhor desempenho nos testes orais do que nos escritos.

As dificuldades relacionadas à leitura são denominadas de Transtornos Específicos de Leitura, Dislexia [5], [6]. A Dislexia influencia no comportamento global do indivíduo afetando seu lado emocional, social e acadêmico do estudante

[7]. A Dislexia pode levar o estudante a reprovação; ao atraso no tempo de aprendizagem; e ao abandono da escola. Como reflexo social, o estudante pode ser deixado para trás na sala de aula por não conseguir acompanhar os colegas nas atividades diárias exigidas na fase escolar ou necessitar de forma constante de ajuda especializada caso não consiga sozinho aperfeiçoar as habilidades necessárias para se desenvolver na escola [4], [6], [8].

Neste contexto, se faz necessário buscar caminhos mais adequados, com o auxílio da tecnologia, para facilitar a aprendizagem e proporcionar a inclusão escolar [9]. Permitindo identificar a Dislexia, a tempo de evitar o abandono da escola e proporcionar assim uma educação que reconheça as dificuldades específicas destes estudantes [5] ajustando as suas necessidades. Trata-se de uma nova proposta de educação que amplie o atendimento das necessidades educacionais especiais - passando a incluir estudantes com qualquer tipo de necessidade educacional especial [10], indistintamente, para que possam adequar seus tempos de aprendizagens de modo menos homogêneo e idealizado [11].

A dislexia no contexto da educação inclusiva [10] requer analisar alguns conceitos, incluindo sua própria definição, os fatores causais, os critérios diagnósticos usados, a prevalência, a intervenção, o monitoramento e o contexto educacional em que está inserida.

A dislexia pode ser diagnosticada e classificada usando o DSM-5 (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 5a Ed.*) [3] que apresenta quatro novos critérios de diagnóstico sobre os TEAs, denominados de A, B, C e D. Especificamente o critério A está relacionado à inclusão de uma nova abordagem denominada resposta à intervenção (RtI – *Response to Intervention*) para realizar a intervenção de estudantes com dificuldades de leitura, escrita e matemática, além do monitoramento [6], [12]. A intervenção é caracterizada pela interferência do especialista junto ao estudante, com o objetivo de melhorar o processo de aprendizagem do mesmo [13].

O DSM-5 determina os parâmetros de identificação da Dislexia usando termos imprecisos {leve, moderado, grave} equivalentes a três níveis com valores inteiros {-1, -2, -3} que são denominados graus de severidade.

Os termos leve, moderado e grave podem ser modelados computacionalmente usando a técnica computacional da lógica fuzzy, abordagem que permite lidar com informação

J. Zavaleta é Bolsista de Pesquisa de Produtividade da UNESA

imprecisa [14]. Essa abordagem ajuda os especialistas na interpretação da avaliação dos resultados obtidos pelo estudante com suspeita de Dislexia, junto com a tradicional abordagem estatística.

Foi utilizada a tecnologia computacional como forma de buscar por novos caminhos inclusivos e de apoio, característica de grande importância para o modelo em questão. Nesse sentido, este sistema computacional funciona diretamente no apoio para o monitoramento automático da intervenção com o propósito de identificar de maneira precoce, ou seja, apontar os primeiros indícios nos estudantes com Dislexia. A ferramenta proposta pode ser usada como um instrumento auxiliar para o diagnóstico dos especialistas que lidam com este transtorno e pode ajudar na inclusão escolar.

A ferramenta auxiliar foi modelada e implementada na linguagem Java<sup>®</sup> baseada na abordagem RtI e lógica fuzzy. Os resultados obtidos nos experimentos detalhados neste trabalho foram igualmente realizados nesta ferramenta para estudantes do 2º ao 8º ano, no entanto, foi restrito só para estudantes do 2º ano para este artigo.

## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### A. Dislexia e Prevalência

A Dislexia é estudada de forma multidisciplinar motivo pelo qual está sujeita a controvérsias a respeito de causas e sintomas. No entanto, todas as publicações convergem sobre a recuperação dos disléxicos [15]. A partir de 2003 é usada a definição proposta em 1994 por G. Reid Lyon [16, p. 2], a qual identifica à Dislexia como TEA [7], específicos de leitura geralmente de causa multifatorial [17].

Qualquer fator que atrapalhe a fluência da leitura traz consequências indesejadas às áreas do conhecimento e pode afetar toda a escolaridade do indivíduo [18]. O sucesso acadêmico de um indivíduo disléxico depende de uma intervenção precoce e do reconhecimento das características que podem indicar o quadro da Dislexia [5], [10] e a identificação depende do trinômio (professores, especialistas e família) [5] afim de ter uma educação sensível a estas dificuldades e evitar o abandono escolar.

As taxas de prevalência (número total de casos existentes numa população num determinado espaço de tempo), encontradas na literatura a respeito da Dislexia são controversas pois relatam diferenças significativas entre elas que dependem do método usado na pesquisa e da idade da população alvo [6].

O DSM-5 aponta que, a prevalência entre crianças em idade escolar, em diferentes idiomas e culturas é de 5% a 15% nas três esferas de aprendizagem da leitura, escrita e matemática e de aproximadamente 4% nos adultos, sendo em geral desconhecida [3]. As taxas de prevalência encontradas em diversos países europeus variam [6].

No Brasil, estima-se que aproximadamente 4% da população brasileira tenha Dislexia [17], [19]. Esta taxa de prevalência transformada em números corresponde a 7,8 milhões de pessoas apontadas pelo Censo de 2010 [19].

Dentro de uma proposta interdisciplinar de avaliações, diagnóstico e intervenções realizadas pelo projeto de Escrita, Leitura e Oralidade da Universidade Federal do Rio de Janeiro (ELO-UFRJ) foi encontrado uma taxa de 10% com incidência

de Dislexia dentro do grupo de crianças com queixas de aprendizagem [17], [20].

### B. Criterios de Diagnóstico

Como instrumentos delimitadores em termos de classificação e diagnóstico podem ser usados os manuais da Organização Mundial de Saúde (OMS) denominado de CID – 10 (Classificação Internacional de Doenças em sua 10ª edição) e o DSM-5. Eles recomendam uma avaliação multidisciplinar para os transtornos de aprendizagem [17] e apresentam categorias para o diagnóstico, prevalência, curso, prognóstico e tratamento [3, p. 66].

O critério de diagnóstico A do DSM-5 é composto por 6 subitens e 3 aspectos denominados de aspectos centrais para diagnóstico (leitura, escrita e matemática), onde os subitens 1 e 2 estão orientados ao diagnóstico da leitura usados para propósitos deste trabalho.

Os aspectos centrais para o diagnóstico de leitura são a fluência, velocidade, precisão e compreensão que podem ser fatores fundamentais no diagnóstico da Dislexia para indivíduos que precisam de serviços especializados [6], com sintomas persistentes por um período maior de 6 meses, mesmo com o fornecimento de intervenções dirigidas a essas dificuldades.

Para realizar um possível diagnóstico sobre um TEA com prejuízo da leitura devem-se usar as especificações determinadas no CID 10: F81.0 [3]. Os graus de severidade correspondem ao grau de impacto na vida diária do indivíduo e à quantidade de adaptações educacionais necessárias [12].

A equipe deve iniciar uma minuciosa pesquisa garantindo a maior abrangência possível no processo de avaliação, acompanhando este processo de forma efetiva com o detalhamento das dificuldades e possibilidades antes de descartar ou confirmar o diagnóstico. Será dado um direcionamento às particularidades de cada indivíduo com a finalidade de ter resultados mais concretos, eventualmente outros profissionais podem ser chamados conforme a necessidade do caso [21].

### C. Ferramentas Computacionais para Monitorar a Leitura de Estudantes com Dislexia

Diversas organizações, principalmente norte-americanas trabalham em pesquisas e aplicações do modelo RtI e disponibilizam informações, relatórios, artigos, ferramentas de uso escolar como enquetes, listas de controle e diversos documentos para serem usados nas turmas e fora delas, e diversas ferramentas computacionais.

Entre estas podem ser indicadas: *RTI Action Network*; *Center on Response to Intervention*; *A American Speech-Language-Hearing Association*; *National Center for Learning Disabilities*; *Wisconsin RtI center*; *Oklahoma Tiered Intervention System of Support*; *Building Capacity RtI*; e *Learning Difficulties Australia* [6].

Os esforços para melhorar as atividades de rastreio dos estudantes precisam de serviços especializados. O rastreio é realizado de forma sistemática através da documentação dos processos de aprendizagem. Desta forma, intensificou-se o uso do modelo de RtI com a finalidade de verificar o desempenho dos estudantes com dificuldades de leitura. Por conseguinte, tem-se evidências da necessidades de serviços

especializados adicionais, orientando os professores a realizar mudanças nas instruções na sala de aula [6].

A implementação computacional do modelo RtI tem sido realizada por várias organizações ou pesquisadores independentes. Desta forma, ambientes computacionais (aplicativos) são criados para o gerenciamento total ou parcial do ambiente educacional gratuitos ou pagos.

Os aplicativos desenvolvidos para computadores são os seguintes: *AIMSweb*, *DIBELS*, *Edcheckup* e *Peabody CBM*. Os aplicativos para dispositivos móveis: *ABC Reading Magic Series*, *Leo - Recorder & Transcription*, *Find the Synonym*, *A+ Spelling Test*, *Reading Machine*, *Root Words*, *Action Words*, *Lectio*, *Mystery Word Town* e *Easy Spelling Aid* [22].

Pesquisas sobre uso do modelo RtI no Brasil são recentes, algumas estão direcionadas a entender o funcionamento do modelo e são aplicadas para identificar estudantes com dificuldades de aprendizagem da leitura, escrita e matemática. Em 2012, o primeiro trabalho a respeito apresentou a verificação do desempenho de leitura de escolares do 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> ano do ensino público usando o PROLEC [23]. No mesmo ano, um estudo comparou a velocidade de leitura oral e compreensão textual de 19 crianças e adolescentes do 3<sup>o</sup> ao 7<sup>o</sup> ano escolar [24], segundo este estudo, os estudantes apresentam uma melhoria relevante na intervenção [6].

Em 2014, foi apresentado uma pesquisa sobre a verificação e eficácia do modelo RtI para escolares com dificuldades de leitura e escrita [25]. No mesmo ano, foi apresentada uma pesquisa do perfil cognitivo-linguístico de escolares com dificuldades na aprendizagem usando o modelo RtI através do qual foram acrescentados testes específicos com a finalidade de identificar os pontos positivos e negativos dos escolares em risco [26].

Em 2015, uma dissertação de mestrado apresentou três pesquisas: a primeira é um programa de intervenção motora (PIM) baseado no RtI para o transtorno de desenvolvimento da coordenação (TDC) no início da alfabetização; a segunda está orientada a identificar escolares com TDC após a aplicação do PIM; a terceira está voltada a verificar a eficácia do PIM em escolares em risco e identificar precocemente escolares com TDC [27].

Em 2016, uma pesquisa apresentou um estudo sobre a adaptação à realidade brasileira do modelo RtI [28]. O objetivo de todas as atividades das estratégias pedagógicas e de intervenção foi a leitura. Um estudo apresentou outros dois estudos: no primeiro elabora um programa de RtI que tutoria o professor; já no segundo, verifica-se a eficácia do programa [29].

Até 2016, os estudos apontaram que o modelo RtI pode ser apropriado a realidade brasileira, e como tal, uma alternativa para monitorar as intervenções dos estudantes com transtornos de aprendizagem em leitura, escrita e matemática. No entanto, implementações computacionais do modelo RtI não são encontradas.

Já em 2017, um estudo apresenta um sistema para o monitoramento computacional da intervenção na leitura usando o modelo RtI e lógica fuzzy [6]. O modelo RtI é implementado computacionalmente e as mudanças entre as camadas do modelo RtI dependem dos graus de severidade definidos pelo DSM-5 gerenciados por um sistema fuzzy.

Outros estudos devem ser feitos nesse sentido, precisa-se de maiores evidências sobre os benefícios em pró e contra da implementação computacional do modelo RtI.

### III. RESPOSTA À INTERVENÇÃO

A abordagem de Resposta à Intervenção (RtI) é uma das maiores mudanças do DSM-5 [12] bastante usada nos Estados Unidos para identificar estudantes com dificuldades específicas de aprendizagem [30]–[33].

O modelo RtI é uma proposta de intervenção piramidal que permite identificar precocemente estudantes com dificuldades de aprendizagem e comportamento através de três camadas [24]. Em cada camada, os estudantes recebem instruções de leitura baseadas em evidências e seu progresso é monitorado com a finalidade de avaliar a eficácia das abordagens instrucionais e, aqueles que não estão progredindo são selecionados para receber apoio adicional [34].

As camadas RtI são denominadas de: “*classroom*” (RtI-1, RtI camada 1), “*group*” (RtI-2, RtI camada 2) e “*individual*” (RtI-3, RtI camada 3). O modelo funciona como a seguir: (1) Todos os estudantes participam da camada “*classroom*” onde é feito um rastreio universal, os estudantes que conseguirem atingir os objetivos propostos na intervenção são descartados do processo e os que não conseguirem sobem para a camada “*group*”; (2) Na camada “*group*” são realizadas intervenções e monitoramentos específicos para o grupo, os estudantes que conseguirem atingir os objetivos propostos descem para a camada “*classroom*” e aqueles que não conseguirem sobem para a camada “*individual*”; (3) Na camada “*individual*” são propostas intervenções intensivas individuais por curtos prazos de tempo durante o qual é feito o monitoramento das respostas [12], [24]. Aqueles que conseguirem os objetivos descem para a camada “*group*” e os que não conseguirem são encaminhados para o especialista (fonoaudiólogo) determinar novas avaliações diagnósticas.

Em cada camada, os estudantes recebem instruções de leitura baseadas em evidências e seu progresso é monitorado com a finalidade de avaliar a eficácia das abordagens instrucionais. Aqueles que não estiverem progredindo são selecionados para receber apoio adicional [34]. Estudantes podem ingressar em qualquer uma das camadas do modelo RtI a pedido do especialista e seguir o fluxo das intervenções.

A abordagem RtI é um processo sistemático de tomada de decisões que permitem fornecer práticas educacionais de alta qualidade baseadas nas necessidades do estudante com dificuldade de aprendizagem e comportamento, monitorando o progresso e ajustando a instrução à resposta do estudante no intuito de melhorar a sua aprendizagem [24], [34]–[39].

### IV. ARQUITETURA DO SISTEMA DE MONITORAMENTO DA LEITURA

#### A. A arquitetura

A arquitetura proposta para esta ferramenta foi concebida para agregar novas funcionalidades de intervenção e monitoramento computadorizado usando o modelo RtI à arquitetura do DysDTool [40]. A implementação foi realizada em duas fases: na primeira fase [41] foram desenvolvidos os módulos de rastreio universal, o banco de dados e diagnóstico usando redes neurais; na segunda fase foram adicionadas tabelas ao banco de dados sobre questões relacionadas a leitura, e à camada de inteligência os módulos de

gerenciamento, RtI, severidade fuzzy, escore z e estratégias de intervenção, mostrado na Fig. 1.

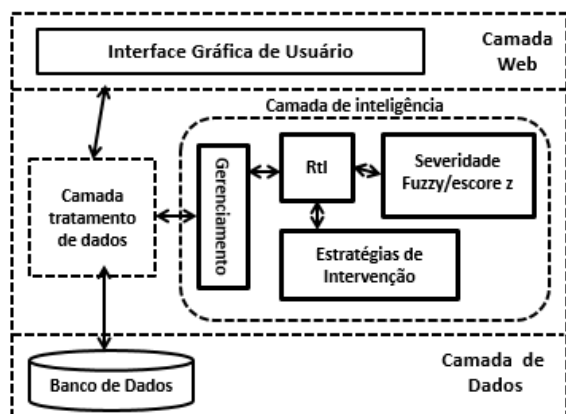


Fig. 1. Arquitetura Conceitual DysDTool+L

O DysDTool+L ganha funcionalidade no que diz respeito a intervenção, permitindo monitorar os estudantes com Dislexia usando a abordagem RtI em função dos graus de severidade fuzzy e escore z, auxiliando os especialistas para a tomada de decisões.

### B. As camadas

Foi adotado o modelo de arquitetura multicamadas com funções de:

1) *Camada Web e Camada de tratamento de dados*: são as mesmas do DysDTool com pequenas modificações para atingir o objetivo de monitorar as intervenções de estudantes com Dislexia.

2) *Camada de inteligência*: Gerencia as principais funcionalidades da arquitetura e as regras de processamento de dados à qual foram adicionados os seguintes módulos: RtI (Abordagem piramidal de três camadas); Severidade (calcula os graus de severidade dos estudantes usando um sistema fuzzy e o escore z em concordância com o DSM-5); Estratégias de intervenção (usam-se textos especialmente escolhidos para a leitura oral em relação à escolaridade do estudante); e Gerenciamento (permite fazer as configurações das tarefas indicadas pelo especialista e as realizadas pelo estudante, e apresenta um relatório do desempenho do estudante a partir do qual se toma uma decisão).

3) *Camada de dados*: Consiste de novas relações de leitura adicionadas ao modelo de dados proposto por [42].

## V. SISTEMA FUZZY PARA LEITURA

Os sistemas fuzzy são amplamente usados na modelagem de controladores fuzzy em aplicações de processamento de sinais, em engenharia e na medicina em especial para diagnósticos mais precisos para as diversas doenças. Para elaborar o sistema fuzzy foi consultado um especialista em fonoaudiologia sobre as variáveis de entrada e saída para transtornos específicos de leitura e os diagnósticos correspondentes.

A partir desta informação foi modelado e implementado o sistema fuzzy da seguinte forma: (i) Foi usado o fuzzy toolbox do *Matlab*<sup>®</sup> para gerar o arquivo FIS (*fuzzy inference system*) que contém a modelagem das variáveis escolaridade, desvio e severidade; (ii) Foram criadas duas classes Java<sup>®</sup>,

uma para fazer a leitura do arquivo FIS e a outra para avaliar os valores fuzzy no sistema e retornar o valor de severidade correspondente às entradas [6].

## VI. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os detalhes do experimento realizado: o sistema, a população, os textos utilizados, os graus de severidade calculados usando o sistema fuzzy com a abordagem RtI e os resultados obtidos.

### A. População

Os dados utilizados neste experimento foram coletados pelo projeto ELO-UFRJ, centro de referência no tratamento de Dislexia no Rio de Janeiro. Os estudantes que participaram desta pesquisa foram avaliados e diagnosticados segundo os critérios do DSM-5 por uma equipe multidisciplinar composta por um neurologista, um fonoaudiólogo, um psicopedagogo, e um neuropsicólogo que trabalham em parceria com o projeto ELO-UFRJ.

Foram utilizados dados de 83 pacientes sem a identificação pessoal, os dados foram cedidos com permissão do projeto ELO-UFRJ para serem usados no presente trabalho. Os estudantes foram divididos em dois grupos denominados RtI-2 e RtI-3 e correspondem às camadas dois e três do modelo RtI. O grupo RtI-2 é composto de 70 estudantes e o grupo RtI-3 com 21 estudantes. No entanto, 8 estudantes participam dos dois grupos (RtI-2 e RtI-3) ao mesmo tempo.

A tabela I apresenta as amostras dos estudantes para cada ano escolar (escolaridade), o número de estudantes no grupo RtI-2 e RtI-3 por ano escolar e finalmente o número de estudantes que fazem parte dos dois grupos (RtI-2 + RtI-3) ao mesmo tempo. Os estudantes diagnosticados com necessidades de serviços especializados podem ser incluídos nos grupos RtI-2 ou RtI-3 do modelo RtI a critério do especialista a qualquer momento [39], [43], sem a necessidade de seguir o fluxo normal das avaliações e intervenções, critério que é adotado neste trabalho.

Foram excluídos da pesquisa os estudantes do primeiro ano por estarem em processo de alfabetização e ainda não saberem ler. Não foram encontrados estudantes do nono ano. A camada RtI-1 foi excluída dos testes por dificuldades em conseguir uma escola que permita ter acesso às turmas por normas de regimentos internos das mesmas. Por razões de espaço, os resultados do presente artigo foram restritos ao segundo ano de escolaridade da camada RtI-2.

### B. Média e Desvio Padrão da Velocidade de Leitura

As médias aritméticas e os desvios padrão usados neste trabalho são resultados de um estudo sobre velocidade de leitura oral de textos feito por [44] com amostras formadas por turma com um total de 50 estudantes alfabetizados pelo Colégio de Aplicação do Centro de Filosofia e Ciências Humanas e a unidade de Ensino Fundamental e Médio da UFRJ (CAp-UFRJ) para cada um dos nove anos de escolaridade, para garantir que a amostra dos estudantes seja de classes sociais diferentes, a entrada foi feita via sorteio numa proposta de estudo longitudinal e em condições normais de um período letivo [44]. Estas médias e desvios padrão são os parâmetros de comparação dos 83 estudantes apresentados na tabela I.

TABELA I. DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO DE ESTUDANTES

Escolaridade	RtI-2	RtI-3	RtI-2 + RtI-3
2	16	9	3
3	15	6	2
4	20	3	2
5	10	3	1
6	6	0	0
7	2	0	0
8	1	0	0
<b>Total</b>	70	21	8

### C. Textos Para Leitura Oral

Os textos usados neste trabalho são o resultado de uma proposta de estudo longitudinal feito por [44], onde foram selecionados textos narrativos, sem ou com poucos diálogos. Foram considerados os tipos de estruturas que aparecem nos textos e que podem influenciar na velocidade da leitura final, no nível de complexidade compatível com o ano escolar do indivíduo e que podem ser encontrados em [6], [44]. Textos em português brasileiro.

### D. Duração, Variáveis, Escolaridade e Idade

O experimento foi acompanhado durante um semestre letivo (16 semanas), sem o contato direto com os estudantes. Os dados armazenados são correspondentes ao pré-teste denominado "antes" registrados no início do semestre e os de pós-teste denominado "depois" registrados ao finalizar o semestre capturados pelos especialistas do projeto ELO-UFRJ. Durante o "antes" e o "depois" foram propostas atividades off-line nas áreas de fonoaudiologia, pedagogia e psicologia as quais devem levar em conta condições indispensáveis para a sua motivação e envolvimento em atividades formais e dirigidas. Algumas atividades para melhorar as habilidades de aprendizagem podem ser encontradas em [1], [6].

A velocidade de leitura é uma variável numérica que é calculada em função do número de palavras lidas corretamente de forma oral em um minuto (ppm) num texto correspondente a escolaridade do estudante.

O desvio é uma variável numérica calculada como a diferença dos valores da velocidade de leitura do estudante e a média aritmética dos estudantes do CAP-UFRJ (desvio = velocidade de leitura - média). A média aritmética deve estar em correspondência com a escolaridade do estudante, o valor da variável desvio pode ser positivo ou negativo. A variável escolaridade é o valor correspondente a cada ano escolar dos estudantes (2º ao 8º). Os valores das médias aritméticas e os textos podem ser encontrados em [6], [44].

A escolaridade foi usada como critério para a seleção do material de leitura oral no "antes" e "depois", tendo em vista que crianças com transtornos específicos de leitura podem ter reprovações sucessivas, o que independe de sua idade, e os textos didáticos são selecionados em função do esperado para cada série escolar, e não da faixa etária.

### E. Comparação Entre os Graus de Severidade

O grau de severidade fuzzy é uma variável de saída numérica calculada pelo sistema fuzzy e indica o nível de comprometimento do leitor disléxico usando o DSM-5 para cada ano escolar. A comparação é feita entre os valores da variável severidade fuzzy e os valores resultantes da fórmula matemática do escore z para cada ano escolar. O escore z de

um estudante é o resultado de dividir a velocidade de leitura (ppm) menos a média entre o desvio padrão. As variáveis correspondem à mesma escolaridade do estudante.

No "antes" e no "depois" são comparadas estas variáveis. Possíveis discrepâncias entre os valores do "antes" e no "depois" devem ser analisadas caso a caso com a finalidade de saber as possíveis causas e propor possíveis mudanças nas estratégias de intervenção ou até mesmo rever o diagnóstico do estudante.

### F. Experimento na Camada RtI-2

Os dados referentes à camada RtI-2 podem ser visualizados na Tabela II que apresenta os dados do grupo RtI-2 restrito à escolaridade 2, e os dados das colunas com etiquetas: NO (nome); ES (escolaridade); ID (idade); VA (velocidade antes); VD (velocidade depois); FA (fuzzy antes); FD (fuzzy depois) usadas no experimento.

O total de estudantes participantes é de 16 dos quais 3 participam das intervenções das camadas RtI-2 e RtI-3 ao mesmo tempo (\* nas colunas da tabela).

A informação apresentada na tabela II, referente à velocidade de leitura oral antes e depois para a escolaridade 2 pode ser visualizada no gráfico da Fig. 2. O eixo horizontal inferior está marcado com os números de 1 ao 16 que representa os estudantes, já no eixo vertical esquerdo está marcado com os números de 0 a 150 e representa a velocidade de leitura (ppm) no tempo de um minuto. Na parte superior dos gráficos se encontram as etiquetas que descrevem os nomes das variáveis e a cor das barras, branca (antes) e cinza (depois).

A análise do desempenho dos estudantes é feita observando o comportamento das barras de cor branca e cinza em relação ao eixo positivo do gráfico. Com respeito à velocidade de leitura oral pode ser notado que a barra de cor cinza sempre é maior que barra de cor branca, o que indica uma possível melhoria na velocidade de leitura oral dos sujeitos usando a abordagem RtI-2, exceto para os sujeitos 1, 6, 7, 9, e 11.

TABELA II. SUJEITOS COM ESCOLARIDADE 2 EM RTI-2

NO	ES	ID	VA	VD	FA	FD
1	2	9	60.0	56.0	0.2	-0.1
2	2	8	61.0	91.0	0.3	1.0
3*	2	7	96.0	99.0	1.0	1.0
4	2	7	26.0	45.0	-0.8	-0.5
5	2	8	45.0	74.0	-0.5	0.6
6	2	9	48.0	44.0	-0.5	-0.5
7	2	9	48.0	44.0	-0.5	-0.5
8	2	8	66.0	70.0	0.5	0.6
9	2	7	35.0	35.0	-0.5	-0.8
10*	2	7	13.0	17.0	-1.5	-1.0
11*	2	7	79.0	39.0	0.7	-0.6
12	2	6	9.0	37.0	-1.9	-0.7
13	2	7	24.7	33.6	-0.9	-0.8
14	2	7	56.0	57.6	-0.2	0.0
15	2	8	8.4	23.0	-1.9	-1.0
16	2	10	18.0	49.0	-1.0	-0.5

A velocidade de leitura oral dos estudantes 1, 6, 7 e 11 ao terminar o experimento, piorou em termos de desempenho usando esta abordagem. O paciente número 9 não teve

nenhuma melhora, e o diagnóstico deve ser revisto pelo especialista para possíveis mudanças na intervenção. Observa-se também que o estudante número 11 é o que tem atraso maior, isto é, este estudante obteve piora progressiva em termos de desempenho, além disso, o estudante participa da intervenção da camada RtI-3.

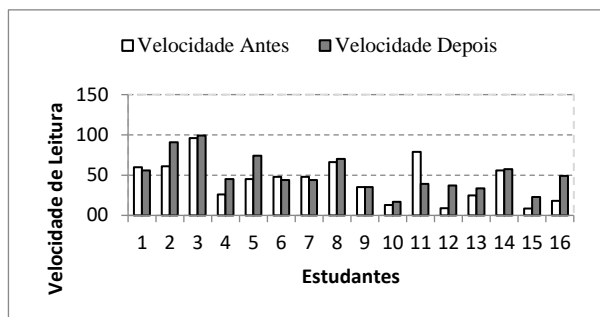


Fig. 2: Velocidade de Leitura para escolaridade 2 em RtI-2

A análise com respeito ao grau de severidade fuzzy é feita a partir do gráfico da Fig. 3. O gráfico mostra os graus de severidade usando o modelo de lógica fuzzy para o modelo RtI-2 com escolaridade igual a 2. Observa-se também que a grande maioria dos estudantes apresentam uma possível melhora na parte positiva, exceto, os estudantes 1, 3 e 11. Na parte negativa também nota-se melhora (barra cinza menor que a barra branca), exceto para o estudante 9.

Os estudantes 1, 3 e 11 foram identificados com um atraso usando esta estratégia de intervenção, fato que deve ser analisado pelo especialista além do estudante 11 participar da intervenção na cama RtI-3. Existe pequenas discrepâncias nos estudantes 3, 6 e 7 o que pode indicar que a estratégia de intervenção pode não ser a adequada e eles devem ser encaminhados ao especialista para rever o diagnóstico e possíveis mudanças na estratégia de intervenção.

Observa-se também que alguns estudantes melhoraram o valor do seu grau de severidade mesmo demonstrando desempenho ruim. Por exemplo, o estudante 16 muda de grau de severidade da faixa de moderado (-2) para a faixa de leve (-1), o que indica uma melhora substancial na abordagem RtI-2. A análise com respeito ao escore z é feito de forma similar e não apresenta grandes discrepâncias com o grau de severidade fuzzy.

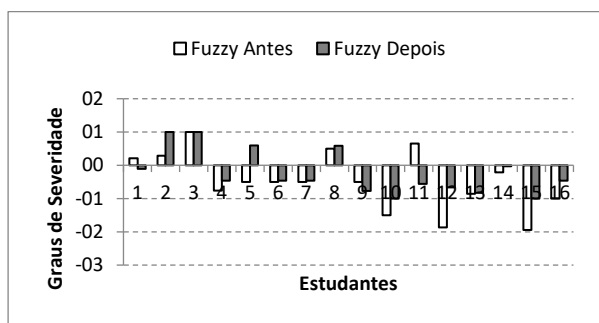


Fig. 3. Graus Fuzzy para Escolaridade 2 em RtI-2

Em resumo, a análise dos dados mostra que se teve progresso usando RtI na camada 2. Também ao comparar os graus de severidade do sistema fuzzy apontam na maioria dos casos uma melhora na leitura dos textos. As discrepâncias encontradas ao comparar os graus de severidade gerados pelo sistema fuzzy e pela fórmula do escore z devem ser analisadas

caso a caso. O resultado do escore z tem maior exatidão que o resultado do sistema fuzzy e não é apresentado neste trabalho. No entanto os dois métodos apontam possíveis estudantes com dificuldades de leitura.

## VII. CONCLUSÕES

O DysDTool+L é uma alternativa que pode auxiliar os especialistas no monitoramento computadorizado da Dislexia usando a abordagem RtI e a lógica fuzzy a custo zero e pode apontar possíveis estudantes antes do abandono escolar precoce.

Os resultados obtidos no experimento da camada RtI-2 usando o sistema de monitoramento mostram que a lógica fuzzy oferece uma alternativa na construção de sistemas especialistas para saúde. O sistema auxilia os especialistas a avaliar o progresso dos leitores disléxicos e a confirmarem a hipótese diagnóstica, bem como repensar o quadro diagnóstico caso as respostas não sejam as esperadas.

Os experimentos realizados usando a ferramenta computacional mostram uma alternativa a ser explorada pelos especialistas que lidam com Dislexia no contexto da inclusão escolar - para ter uma educação mais sensível às dificuldades específicas e aos tempos de aprendizagem de cada estudante.

## REFERÊNCIAS

- [1] C. Silva and S. Capellini, "Desempenho de escolares com transtorno de aprendizagem em nomeação rápida e leitura," in *Dislexia: Novos temas, novas perspectivas*, 2015, pp. 93–102.
- [2] S. A. Capellini and T. L. B. C. Conrado, "Desempenho de escolares com e sem dificuldades de aprendizagem de ensino particular em habilidade fonológica, nomeação rápida, leitura e escrita," *Rev. CEFAC*, vol. 11, pp. 183–193, 2009.
- [3] American Psychiatric Association, *Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - DSM-5*, 5th ed. Porto Alegre: Artimed, 2014.
- [4] S. A. Capellini and T. L. B. Conrado, "Desempenho de escolares de ensino público com e sem dificuldade de aprendizagem em habilidade fonológica, nomeação rápida, leitura e escrita," *Rev. CEFAC - Speech, Language, Hearing Sciences and Education Journal*, no. 2, São Paulo, 1994.
- [5] R. Mousinho, "Conhecendo a Dislexia," *Rev. SIMPRO - Rio*, pp. 26–33, Apr. 2004.
- [6] J. Zavaleta, "Um Sistema de Intervenção Computacional para Rastreamento e Monitoramento de Leitura em uma Proposta de RTI," Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.
- [7] C. Mangas and J. Sánchez, "A dislexia no ensino superior: características, consequências e estratégias de intervenção," *Revista Ibero-americana de Educação*, vol. 7, pp. 1–14, 2010.
- [8] P. E. Tressoldi, C. Vio, and R. Iozzino, "Efficacy of an intervention to improve fluency in children with developmental dyslexia in a regular orthography," *J. Learn. Disabil.*, vol. 40, no. 3, pp. 203–209, 2007.
- [9] A. C. M. Boni, "Dislexia e Inclusão: Necessidades e Possibilidades," *Rev. Psicopedagogia*, vol. 31, no. 95, pp. 205–225, 2014.
- [10] R. Mousinho, "Dislexia e Inclusão: Possibilidades de Adaptações Metodológicas e Avaliativas," in *Temas em inclusão. Saberes e práticas*, 1st ed., U. Synergia, Ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2009, pp. 159–177.
- [11] MEC, "Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica," Brasília, DF, 2010.
- [12] R. Mousinho and A. L. Navas, "Mudanças apontadas no DSM-5 em relação aos transtornos específicos de aprendizagem em leitura e escrita," *Revista debates em psiquiatria*, Rio de Janeiro, pp. 30–46, 2016.
- [13] Dicionário Online de Português, "Intervenção," *Dicionário Online de Português*, 2018. [Online]. Available: <https://www.dicio.com.br/intervencao/>. [Accessed: 15-Feb-2018].
- [14] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets," *Inf. Control*, vol. 353, no. 8, pp. 338–353, 1965.

- [15] L. S. Siegel, "Perspectives on dyslexia," *Paediatr. Child Health*, vol. 11, no. 9, pp. 581–587, Nov. 2006.
- [16] G. R. Lyon, S. E. Shaywitz, and B. A. Shaywitz, "A definition of dyslexia," *Ann. Dyslexia*, vol. 53, no. 1, pp. 1–14, Jan. 2003.
- [17] L. M. Pereira, "A dislexia para além de estudos fonológicos: Rastreamento morfemas, letras e imagens," Universidade Federal do Rio de Janeiro. Faculdade de Letras., 2015.
- [18] R. Mousinho, "Aprendizagem escolar e suas dificuldades." *O desafio de educar: Lidando com os problemas na aprendizagem e no comportamento*, Rio de Janeiro, pp. 9–17, May-2010.
- [19] ABCD, "Instituto ABCD," *Quem somos*, 2018. [Online]. Available: <http://www.institutoabcd.org.br/o-que-e-dislexia/>. [Accessed: 15-Feb-2018].
- [20] Ibneq, "I Encontro em Desenvolvimento Infantil: Da neuropsicologia às políticas públicas. IBNequinho - Rio 2013," in *Anais I Encontro em Desenvolvimento Infantil: da neuropsicologia às políticas públicas*, 2013.
- [21] A. C. S. Freitas, A. C. M. Autor, A. C. S. Freitas, L. C. Araújo, and S. I. Andrade, "Transtornos de aprendizagem: Dislexia, um estudo de caso," in *VI Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. VI CONNEPI*, 2011, pp. 1–10.
- [22] Dyslexia Help, "Apps for Dyslexia and Learning Disabilities," *Dyslexia Help at the University of Michigan*, 2018. .
- [23] A. C. Machado and M. A. Almeida, "Desempenho em tarefas de leitura por meio do modelo RTI: resposta à intervenção em escolares do ensino público," *Revista Psicopedagogia*, vol. 29, no. 89, São Paulo, pp. 208–214, 2012.
- [24] B. Silva, T. Luz, and R. Mousinho, "A eficácia das oficinas de estimulação em um modelo de resposta à intervenção," *Revista de Psicopedagogia*, vol. 29, no. 88, pp. 15–24, 2012.
- [25] A. C. Machado and M. A. Almeida, "O modelo RTI - Resposta à intervenção como uma resposta inclusiva para escolares com dificuldades em leitura e escrita," *Revista Psicopedagogia*, vol. 31, no. 95, São Paulo, pp. 130–143, 2014.
- [26] O. V. C. A. Andrade, P. E. Andrade, and S. A. Capellini, "Caracterização do Perfil Cognitivo-Linguístico de Escolares com Dificuldades de Leitura e Escrita," *Psicol. Reflexão e Crítica*, vol. 27, no. 2, pp. 358–367, 2014.
- [27] P. M. M. Okuda, "Intervenção e identificação precoce do transtorno do Desenvolvimento da coordenação em escolares no início da alfabetização," Universidade Estadual Paulista, 2015.
- [28] R. P. de Almeida, C. J. M. de T. Piza, T. da S. G. Cardoso, and M. C. Miranda, "Prevenção e remediação das dificuldades de aprendizagem: adaptação do modelo de resposta à intervenção em uma amostra brasileira," *Rev. Bras. Educ.*, vol. 21, no. 66, pp. 611–630, Sep. 2016.
- [29] M. T. M. Fukuda, "Modelo de Resposta à Intervenção (RTI) para desenvolvimento das habilidades fonológicas com tutoria instrucional em contexto escolar: elaboração e controle de eficácia," Universidade Estadual Paulista, 2016.
- [30] E. M. Mesmer and H. A. E. Mesmer, "Response to Intervention (RTI): What Teachers of Reading Need to Know," *Read. Teach.*, vol. 62, no. 4, pp. 280–290, Dec. 2008.
- [31] J. E. Jiménez, "Response to Intervention (RtI) model: A promising alternative for identifying students with learning disabilities?," *Psicothema*, vol. 22, no. 4, pp. 932–934, 2010.
- [32] M. Spencer, R. K. Wagner, C. Schatschneider, J. M. Quinn, D. Lopez, and Y. Petscher, "Incorporating RTI in a Hybrid Model of Reading Disability," *Learn. Disabil. Q.*, vol. 37, no. 3, pp. 161–171, Aug. 2014.
- [33] R. J. Wedl, "Response to Intervention: An alternative to traditional eligibility criteria for students with disabilities," Minnesota, 2005.
- [34] S. E. Shaywitz, R. Morris, and B. A. Shaywitz, "The Education of Dyslexic Children from Childhood to Young Adulthood," *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 59, no. 1, pp. 451–475, Jan. 2008.
- [35] W. N. Bender and C. F. Shores, "Response to Intervention," in *Response to Intervention: A Practical Guide for Every Teacher*, Corwin Press, Inc., 2007, pp. 1–16.
- [36] M. Burns and K. Gibbons, "Response-to-Intervention: What It Is and Why We Do It," in *Implementing Response-to-Intervention in Elementary and Secondary Schools: Procedures to Assure Scientific-Based Practices*, 2nd ed., New York: Taylor & Francis Group, LLC, 2012, pp. 1–16.
- [37] P. Block, "A new way of thinking," in *Simplifying response to intervention: four essential guiding principles*, Bloomington, IN: Solution Tree Press, 2012, pp. 1–14.
- [38] V. Buysse and E. Peisner-Feinberg, "Recognition & Response: Response to Intervention for PreK," *Young Except. Child.*, vol. 13, no. 4, pp. 2–13, Sep. 2010.
- [39] L. Fox, J. Carta, P. S. Strain, G. Dunlap, and M. L. Hemmeter, "Response to Intervention and the Pyramid Model," *Infants Young Child.*, vol. 23, no. 1, pp. 3–13, Jan. 2010.
- [40] J. Zavaleta, J. R. Macário Costa, S. M. Serra da Cruz, M. Manhães, L. A. Carvalho, and R. Mousinho, "DysDTool: Uma Ferramenta Inteligente para a Avaliação e Intervenção no Apoio ao Diagnóstico da Dislexia," in *CSBC (2012) XXXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação: XII Workshop de Informática Médica (WIM 2012)*, 2012.
- [41] J. R. Macário Costa, J. Zavaleta, S. M. Serra da Cruz, M. Manhães, R. Cerceau, L. A. Carvalho, and R. Mousinho, "A computational approach for screening dyslexia," in *Proceedings of the 26th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems*, 2013, pp. 565–566.
- [42] J. R. Macário Costa, "Uma estratégia computacional na detecção da dislexia," Universidade Federal de Rio de Janeiro, 2011.
- [43] L. Fox, G. Dunlap, M. Hemmeter, G. Joseph, and P. Strain, "The teaching pyramid: A model for supporting social competence and preventing challenging behavior in young children," *Young Child.*, vol. 58, pp. 48–53, 2003.
- [44] R. Mousinho, "Velocidade e compreensão de leitura textual oral e silenciosa ao longo do Ensino Fundamental," in *Dislexia: Novos Temas, Novas Perspectivas*, 1st ed., vol. III, Rio de Janeiro, RJ: Wak editora, 2015, pp. 165–179.