

DysDTool: Uma Ferramenta Inteligente para a Avaliação e Intervenção no Apoio ao Diagnóstico da Dislexia

**Jorge Zavaleta¹, Raimundo José Macário Costa¹, Sergio Manuel Serra da Cruz^{1,2},
Mary Manhães¹, Luís Alfredo¹, Renata Mousinho³**

¹PESC/COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Caixa Postal 68.511 – 21941-972 – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

²ICE/DEMAT – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Seropédica, RJ – Brasil

³Departamento de Otorrinolaringologia/Oftalmologia – FCM Universidade Federal do
Rio de Janeiro (UFRJ) – Rio de Janeiro – Brasil

{zavaleta, macario, manhaes, alfredo}@cos.ufrj.br,
serra@ufrrj.br, renatamousinho@ufrj.br

Abstract. *This paper aims to present a modular tool based on computational intelligence techniques that can support specialists in the detection, evaluation, intervention in the diagnosis of dyslexia. The evaluation module is based on unsupervised neural networks to detect and to classify dyslexia patterns and validated using a sample of 52 students of 09-18 years old. The intervention module uses fuzzy logic to deduce and to classify the different degrees of dyslexia and suggest the most appropriate learning strategy to be applied to each individual and is under development and validation.*

Resumo. *Este trabalho tem por objetivo apresentar uma ferramenta modular baseada em técnicas de inteligência computacional que apoiam os especialistas na detecção, avaliação e intervenção no diagnóstico da dislexia. O módulo da avaliação está baseado em redes neurais não-supervisionadas para detectar e classificar os padrões da dislexia, sua validação utilizou uma amostra de 52 estudantes de 09-18 anos. O módulo de intervenção utiliza lógica nebulosa para inferir e classificar os diferentes graus da dislexia e sugerir a estratégia de aprendizagem mais adequada a ser aplicada em cada indivíduo e está em fase de desenvolvimento e validação.*

1. Introdução

A globalização é um indutor de mudanças na sociedade contemporânea, a associação entre as pessoas e as tecnologias computacionais é cada vez mais fundamental. O uso de novas ferramentas geradas pela Ciência da Computação provocam mudanças em todos os setores da sociedade. Por exemplo, os novos olhares da educação e saúde permitem adaptar as tradicionais formas de ensino e do diagnóstico como novos modelos que são fortemente baseados em recursos computacionais, utilizando ferramentas de apoio tanto nas atividades de ensino como no diagnóstico médico.

Nesse cenário, as primeiras gerações do século 21 crescem em um ambiente cada vez mais dependente de tecnologias computacionais. Ainda assim, os principais assuntos acadêmicos (leitura, escrita) devem ser dominados pelas crianças para adquirir novos

conhecimentos de todos os tipos de mídia, leitura e escrita [Regtvoort e Van Der Leij 2007]. Um dos problemas apresentados nesta fase é a dificuldade de aprendizagem conhecida como Dislexia.

Atualmente, existem na literatura diversas definições sobre a dislexia, algumas definições são distintas, por exemplo, [Mousinho 2003] e [Snowling 2004], apresentam visões diferentes. Com objetivo de unificar essas diversas definições a Comissão de Investigação da Associação Internacional de Dislexia, adotou a definição proposta em 1994 por Lyon.

“A dislexia é um distúrbio específico da aprendizagem que é neurobiológica na sua origem. Caracterizada pelas dificuldades com acurácia e/ou fluência no reconhecimento de palavras e pela pobre ortografia e habilidades de decodificação. Essas dificuldades tipicamente resultam de um déficit na componente fonológica da linguagem que é muitas vezes inesperada em relação a outras habilidades cognitivas e a preparação efetiva nas salas de aula. Uma consequência secundária pode incluir problemas em compreensão de leitura e experiência de leitura mínima que pode impedir o crescimento do vocabulário e conhecimento passado.” [Lyon et al. 2003].

O desenvolvimento das crianças é composto por diversas fases. A fase inicial envolve a escolaridade, onde a leitura e a escrita são os fundamentos básicos da aprendizagem, numa fase posterior constituem o suporte e as técnicas a serem dominadas. É por meio dessas técnicas que se dá o acesso ao conteúdo das diversas unidades curriculares, desenvolvendo, a partir daí as outras habilidades necessárias à realização profissional e pessoal [Mangas e Sánchez 2010]. No entanto, é possível observar que muitas crianças apresentam dificuldades de aprendizagem ainda na fase escolar.

Segundo [Regtvoort e Van Der Leij 2007], as crianças com dificuldade de aprendizagem (dislexia) correm o risco de serem deixadas para trás, podendo se tornar analfabetos funcionais caso não desenvolvam as habilidades necessárias para se desenvolver com sucesso na escola. A dislexia influencia no nível comportamental, emocional, social e acadêmico dos alunos [Mangas e Sánchez 2010], dificultando ainda mais a realização das atividades diárias que lhes são exigidas.

A detecção e a identificação precoce das características específicas da população escolar com dificuldades de aprendizagem é uma tarefa árdua e complexa. Existe falta de instrumentos computacionais inteligentes e protocolos adequados para a detecção, identificação, avaliação e intervenção que possam ser usados por profissionais que lidam com os problemas relacionados ao diagnóstico da dislexia. O reconhecimento de uma dificuldade de aprendizagem e sua classificação em categorias diagnósticas representa um desafio para profissionais da área de saúde e educadores. Novos estudos e resoluções nesse sentido são bem vindos para definir metas e obter recursos na perspectiva preventiva da saúde das populações [Dutra e Souza 2001].

Esse trabalho está organizado da seguinte forma: A seção 2 apresenta os trabalhos relacionados. Na seção 3 são apresentadas as técnicas de inteligência computacional (redes neurais e lógica nebulosa) adotadas nesse trabalho. Na seção 4 apresentamos uma arquitetura para a ferramenta de diagnóstico da dislexia. Na seção 5 apresentamos os materiais e métodos usados na validação. Na seção 6 apresentamos uma análise dos resultados. Finalmente na seção 7 apresentamos as conclusões desse trabalho.

2. Trabalhos Relacionados

Nas últimas décadas se produziu um esforço notável no desenvolvimento de sistemas para diagnóstico apoiado por computador tanto para a saúde quanto para entender os processos da aprendizagem. Por exemplo, o Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Médico (SIAD-M) que analisa e classifica imagens de tumores de câncer de mama, auxiliando o radiologista em seu diagnóstico [Poel 2007] e programas de intervenção e na análise de sua efetividade no campo das dificuldades da aprendizagem [Soriano 2004].

Reconhecer o grau de comprometimento disléxico dos escolares com dificuldades de aprendizagem através de uma avaliação usando um computador, e uma vez conhecido o grau, utilizar métodos inteligentes ou protocolos computadorizados adequados que visem o desenvolvimento das habilidades necessárias para que a aprendizagem seja bem sucedida. Isto é, respostas educativas adequadas para diminuir os problemas que a dislexia pode vir a causar nos estudantes durante a sua vida acadêmica.

No contexto da intervenção, a instrução assistida por computador (CAI) tem sido reivindicada por numerosos autores nos últimos anos [Soriano 2004]. Uma das principais vantagens da associação entre computadores e os alunos com dislexia é a possibilidade do oferecimento do reforço e prática, junto com instrução individualizada com *feedback* imediato, características que são essenciais no ensino destes alunos [Soriano 2004].

A Inteligência Artificial (IA) estuda processos cognitivos e surge como uma alternativa desempenhando um papel importante na busca, elaboração e validação de modelos computacionais na construção de sistemas adaptativos e/ou evolutivos inteligente para a detecção de pessoas com dislexia [Carvalho 2005], assim como na elaboração e validação de sistemas inteligentes para uma intervenção computacional mais personalizada.

No contexto computacional, a dislexia pode ser vista como um ente computacional que depende de inúmeras variáveis correspondentes ao aspecto comportamental, emocional, social e acadêmico, o que dificulta definir um diagnóstico mais personalizado e preciso, surgindo naturalmente a necessidade de desenvolver módulos inteligentes para coletar, operar, combinar, inferir, transformar e apresentar informações mais elaboradas para ser interpretadas pelos profissionais de saúde e obter um diagnóstico apoiado pelo computador.

3. Técnicas de Inteligência Computacional Utilizadas na Ferramenta

As redes neurais são modelos matemáticos que se assemelham às estruturas neurais biológicas, elas têm capacidade computacional adquirida por meio de aprendizado e generalização [Rezende 2005], são estruturas de processamento computacionais que tentam emular, de uma forma simplificada, o processamento de informação efetuado pelo cérebro animal [Haykin 2002]. As redes neurais são capazes de resolver, basicamente, problemas de aproximação, predição, classificação, categorização e otimização [Rezende 2005], elas também demonstraram eficácia quando utilizadas em áreas de diagnóstico médico e prognóstico. O modelo neuronal foi também utilizado em estudos epidemiológicos [Macário Costa et al. 2009].

No desenvolvimento dessa pesquisa utilizamos redes neuronais supervisionadas e não-supervisionadas com a aprendizagem competitiva de Kohonen, com o objetivo de encontrar padrões de comportamento nos dados coletados e poder detectar quais estudantes possuem sintomas de dislexia (dificuldade de aprendizagem). Utilizamos o método *K-means* para validar os padrões encontrados pela rede neuronal.

Os resultados destes classificadores para os padrões de não-disléxicos e disléxicos são semelhantes, razão pela qual apresentamos apenas os resultados obtidos pelas redes neuronais não-supervisionadas [Macário Costa et al. 2009].

Na primeira fase de detecção e avaliação foi usada uma rede neuronal de Kohonen, inicialmente configurada com dois neurônios (com sinais de dislexia e sem sinais de dislexia). Para cada neurônio foi utilizada uma entrada de 144 variáveis com 52 registros. A topologia da rede neuronal foi obtida depois de inúmeras simulações para encontrar a melhor solução, variamos os seguintes parâmetros: pesos sinápticos iniciais, taxa de aprendizagem e o número de épocas (iterações) de treinamento.

Obtivemos como resultado a porcentagem dos escolares normais e os possíveis portadores de dislexia que passou a ser chamada de classificação por especialista natural. A rede neuronal artificial é considerada um experto artificial, com uma capacidade específica para agrupar os estudantes em dois conjuntos. As aproximações de classificação entre estes dos especialistas foi através de uma busca exaustiva com um número de iterações superior a 200.

A intervenção é a segunda fase. Isto é, a fase seguinte à detecção e avaliação e é usada pelo especialista para verificar os resultados apresentados pelo módulo de avaliação e ajudar a determinar e personalizar as estratégias mais adequadas a cada indivíduo, mas, determinar e personalizar as estratégias depende do grau de comprometimento da dislexia (grau disléxico) no indivíduo.

O grau disléxico é a faixa aproximada de abrangência de cada uma das variáveis que representam sinais de dislexia num indivíduo. O grau disléxico está em fase de pesquisa e sendo validado pelos especialistas. O grau disléxico é uma faixa sem limites definidos (limites não precisos) razão pela qual se optou por usar lógica nebulosa como ferramenta para modelar o mesmo.

A lógica nebulosa (LN) criada por Zadeh em 1965, está baseada na teoria dos conjuntos nebulosos [Zadeh 1965] [Tsoukalas e Uhrig 1997][Kosko 1997]. O controle executado pela lógica nebulosa imita um comportamento baseado em regras ao invés de um controle explicitamente restrito a modelos matemáticos. O objetivo da LN é gerar uma saída lógica a partir de um conjunto de entradas não precisas, com ruídos ou até mesmo faltantes aproximando a decisão computacional da decisão humana com valores numéricos bem definidos.

Uma das principais potencialidades da LN quando comparada com outras técnicas que tratam com dados imprecisos como redes neuronais é que sua base de conhecimento, a qual está em formato de regras de produção é fácil de examinar, entender e modificar. Este formato de regra também torna fácil a manutenção e a atualização da base de conhecimento.

Nesse sentido, projetar e desenvolver um módulo de intervenção computacional será de grande utilidade. Uma vez conhecido o grau de comprometimento dos indivíduos com dificuldades de aprendizagem (produzido pelo módulo de avaliação

computadorizada) o módulo de intervenção usará lógica nebulosa ou outras técnicas inteligentes ou protocolos computadorizados para sugerir as estratégias computacionais mais adequadas e personalizadas que visem o desenvolvimento das habilidades necessárias para uma aprendizagem bem sucedida. Isto é, respostas educativas adequadas para diminuir os problemas que a dislexia pode vir a causar nos estudantes durante a sua vida acadêmica.

4. Arquitetura da Ferramenta de Diagnóstico (*DysDTool*)

A figura 1 ilustra a arquitetura básica da *DysDTool*. A ferramenta é composta por vários módulos, a saber: o módulo web (desenvolvido usando tecnologias Java[®] para web); o módulo de tratamento ou normalização de dados (utiliza técnicas para detecção de média, desvio padrão e transformações gráficas) e o módulo inteligente composto por submódulos de redes neurais e lógica nebulosa. Todos residem no servidor de aplicação Tomcat[®]; o sistema gerenciador de banco de dados utilizado é o MySQL[®] para a persistência dos dados..

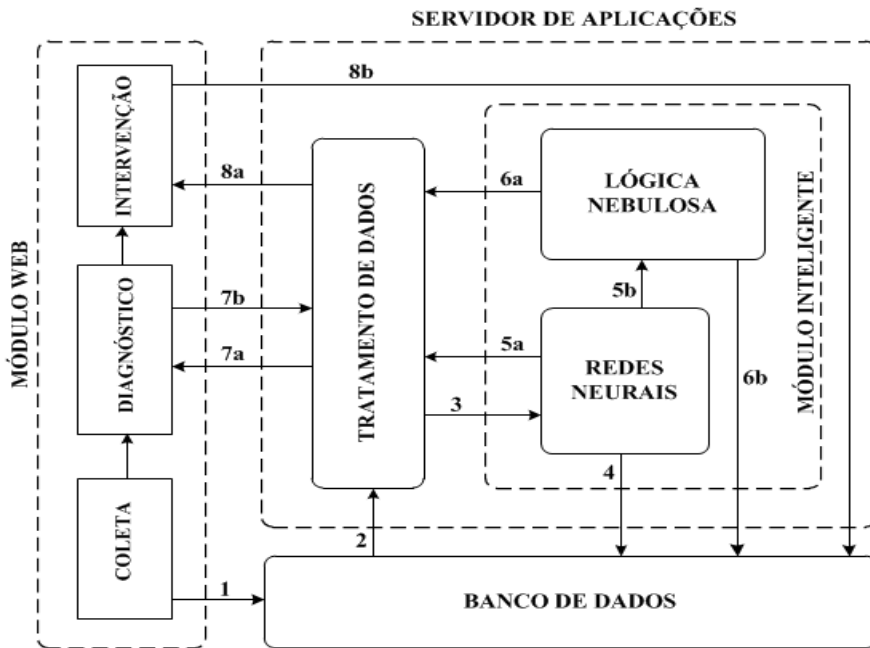


Figura 1. Arquitetura da ferramenta de diagnóstico *DysDTool*.

O fluxo de informações que trafegam nos módulos na ferramenta pode ser descrito como: os dados são coletados pela interface web COLETA e armazenados no BD (1); os dados passam por um TRATAMENTO DE DADOS (normalização estatística) (2) antes de serem usados pelas redes neurais (3); o módulo INTELIGENTE DAS REDES NEURONAI processam os dados para serem guardados (4) e enviados para o módulo de diagnóstico (5a) e para o módulo INTELIGENTE DE LÓGICA NEBULOSA (5b) que processa os dados e escolhe as estratégias mais adequadas e envia esta informação para o módulo de diagnóstico (6a) e grava (6b), os dados tanto de (5a) e (6a) passam pelo MÓDULO DE TRATAMENTO DE DADOS para ser transformados em dados gráficos inteligíveis e apresentados para do MÓDULO DE DIAGNÓSTICO (7a) ao especialista, o especialista analisa os dados apresentados e determina as estratégias computacionais mais adequadas ao caso ou escolhe das

estratégias sugeridas pelo módulo de lógica nebulosa (6a). As estratégias escolhidas passam pelo módulo de tratamento de dados (7b) onde são transformadas em formato gráfico como letras, números, sequências, cores, objetos geométricos e jogos, por exemplo, com diferentes fases e graus de dificuldade e apresentados através do módulo de Intervenção (8a). Os dados resultantes da interface de intervenção são armazenados no BD (8b), para auxiliar, personalizar e determinar o grau de desempenho do indivíduo.

5. Material e Métodos

Parte desta pesquisa se desenvolveu nas cidades do Rio de Janeiro (Brasil) e Salamanca (Espanha), em centros de atendimento de pessoas com transtorno de dislexia em escolares residentes. Optou-se por pessoas compreendidas na faixa etária de 09 anos a 18 anos, visando detectar padrões de dificuldades de leitura em escolares com sinais de dislexia e foi submetida ao Comitê de Ética do Instituto de Neurologia da UFRJ, uma referência nacional no estudo da dislexia, onde se obteve parecer favorável ao desenvolvimento da pesquisa e da coleta dos dados através de entrevistas utilizando um questionário estruturado e automatizado utilizando tecnologias Java para web (Figura 2 adaptada de [Macário Costa et al. 2009]).

The image shows a web-based form titled "Anamnese Dislexia - Paciente". The form is organized into several sections:

- Header:** "Anamnese Dislexia - Paciente" with navigation icons and a "Detail - List" link.
- Personal Information:** Fields for "Nome do Paciente:", "Data de Nascimento:", "eMail", "Cor:", "Sexo:", and "Naturalidade:".
- Family Information:** Fields for "Número de Residentes:", "Pessoas que residem com a criança:", "Irmão(s) (nome e idade):", and "Idiomas falados em casa:".
- Address Information:** Fields for "End. Residencial:", "Bairro:", "Cidade-UF:", "CEP:", and "Telefone/Cel:".
- School Information:** Fields for "Escola:", "Série:", and "PeríodoAtual".
- Navigation Tabs:** A row of tabs including "Filiação", "Antecedentes Pessoais", "Linguagem", "Escolaridade", "Doença", "Quedas/Pancadas", "Distúrbios", "Antecedentes Familiares", "Sociabilidade", and "Dificuldades_". The "Filiação" tab is currently selected.
- Parent Information:** Fields for "Nome da mãe:", "Data nascimento mãe:", "Nome do pai:", and "Data nascimento pai:".

Figura 2. Formulário de entrada de dados da *DysDTool*

Para a validação foi considerada uma amostra de 52 casos que foram coletados da seguinte forma: 25 casos coletados no Brasil em instituições e escolas no Rio de Janeiro e 27 casos coletados na Espanha. Dos 25 casos coletados no Brasil 11 tinham diagnóstico de dislexia e 3 com diagnóstico sem dislexia. Os demais casos não tinham diagnóstico nenhum. Esta amostra serviu de base para criar o padrão para a classificação dos novos casos a serem pesquisados.

Para a persistência dos dados coletados foi modelado um banco de dados relacional [Cougo 1997] [Heuser 2001] que contém dados relacionados ao indivíduo, o seu ambiente domiciliar, escolar, social e dificuldades de aprendizagem. Estas informações foram coletadas por meio de entrevistas face a face, através de um formulário eletrônico codificado. O banco de dados é modelado agrupado em termos de dados pessoais, filiação, antecedentes pessoais, informações sobre linguagem,

escolaridade, doença, queda/pancada, distúrbios, antecedentes familiares, sociabilidade, dificuldades e comportamental.

As informações coletadas foram quantificadas em dados numéricos normalizados através de critérios estatísticos (média e desvio padrão), em seguida foram apresentadas às Redes Neurais para uniformizar os dados e proceder ao reconhecimento de padrões de comportamento através da sua capacidade de generalização do aprendizado. O aprendizado é um processo pelo qual os parâmetros livres da rede (pesos) são adaptados continuamente em resposta aos estímulos produzidos pelo ambiente no qual a rede se encontra imersa [Haykin 2002].

6. Resultados e Análise do Processo de Detecção

Na população pesquisada verificou-se a concentração de 31 participantes entre as idades de 9 a 16 anos, o que representa 60% do total de 52 casos e 21 participantes de 17 à 18 anos de idade apresentando 40% dos casos. A tabela 1 ilustra a distribuição dos locais de coleta e diagnóstico das informações com os respectivos totais de cada local. Dos 14 entrevistados no centro de referência 11 tinham diagnósticos confirmado de dislexia e 3 sem dislexia. Nas entrevistas avulsas somente um entrevistado tinha diagnóstico de dislexia. Nos outros locais todos os entrevistados não tinham passado por qualquer tipo de avaliação.

Tabela 1. Locais de coleta e distribuição de diagnóstico

	Centro de Referência (Brasil)	Escola (Brasil)	Avulso (Brasil)	El Barco (Espanha)	Ávila (Espanha)	Total
Com diag. de dislexia	11	-	1	-	-	12
Sem diag. de dislexia	3	-	-	-	-	3
Sem diagnóstico	-	4	6	16	11	37
Total	14	4	7	16	11	52

A rede neuronal não-supervisionada utilizada nesta pesquisa foi o *ToolBox* de Redes Neurais do Matlab®. Vários parâmetros e configurações *default* foram mantidos inalterados, por exemplo, camadas escondidas, taxa de aprendizado, número de épocas, modificando-se o mínimo necessário para adaptar os dados de entrada para a rede e tem a seguinte configuração, uma camada de entrada com dois neurônios e uma camada de saída com trinta neurônios distribuídos numa matriz de duas dimensões (2x30).

De posse dos 52 registros, realizamos diversos testes para determinar o número adequado de neurônios para a rede neuronal, obtivemos a média de 20 neurônios para que os grupos sejam bem separados na matriz e para que os registros tenham o mesmo neurônio vencedor, estes grupos tem que ser realmente muito similares, a topologia da camada de saída é hexagonal e a distancia entre os neurônios é calculada pelo número de conexões entre os neurônios, a função da vizinhança faz com que a cada passo a distância entre os neurônios, o incremento no valor dos vizinhos seja a metade do passo anterior e assim sucessivamente.

Entre os vários gráficos apresentados pela rede neuronal não-supervisionada, o gráfico dos pesos é o que melhor apresenta uma visão clara dos distintos grupos, os estudantes com e sem dislexia ou com dificuldades de aprendizagem. Para cada entrada existem pesos gerados randomicamente pelo sistema e as cores mais escuras representam os pesos mais altos. Se os padrões de união das entradas são muito similares, se supõe que as entradas estão altamente correlacionadas. Neste caso, a primeira entrada têm conexões que são muito diferentes das conexões da segunda entrada.

Diante dos resultados apresentados pela rede SOM mostrados na figura 3, podemos inferir que neste conjunto de dados foram encontradas características que definem elementos somente para os grupos de disléxicos e não disléxicos.

Fazendo a análise de cada um dos 52 casos. Por questões de limitações de espaço apresentamos os principais casos para validar o funcionamento do módulo de avaliação e diagnóstico. Uma análise completa pode ser encontrada em [Macário Costa 2011]. Os resultados apresentados pela rede do total de participantes da pesquisa, 14 passaram pela avaliação do especialista no centro de referência, onde quatro casos (registros correspondentes aos indivíduos 6, 7, 9 e 13) aparecem como sendo normais, ou seja, sem nenhum problema de aprendizagem e os dez casos restantes a rede confirma o diagnóstico dado pelo especialista.

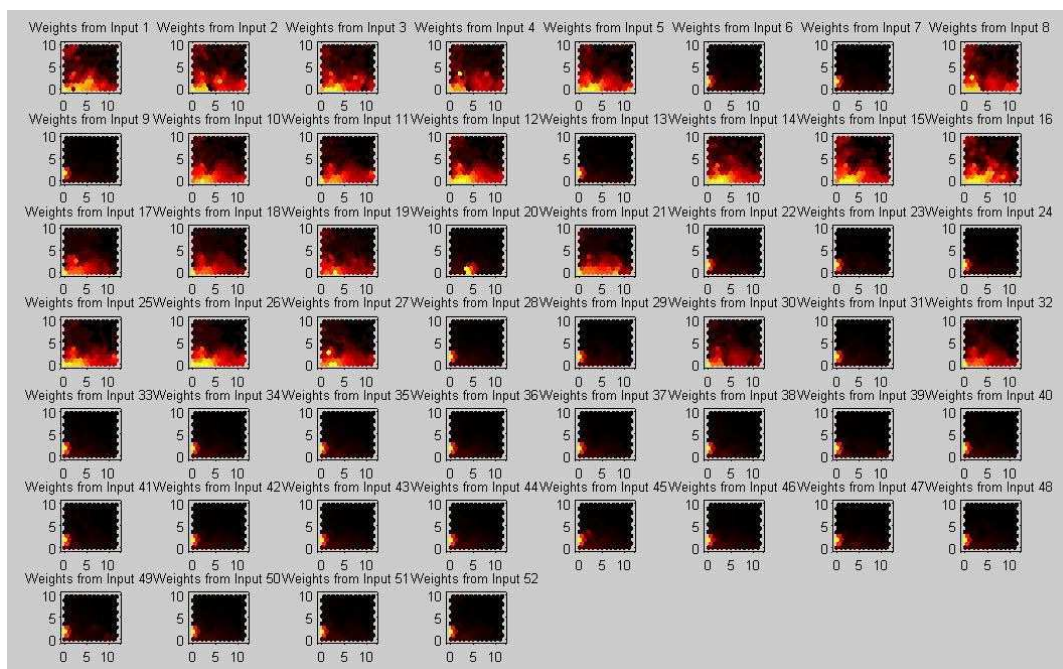


Figura 3. Rede SOM de planos e pesos (adaptado de [Macário Costa 2011]).

Numa análise mais detalhada pelo especialista destes últimos casos, constatou-se que os mesmos não caracterizavam dislexia. Por exemplo, o registro de número seis é esclarecido pelo especialista que se trata de um escolar de 11 anos de idade que passou por uma avaliação no centro de referência e foi submetido a um diagnóstico precoce e que não se caracterizou, com a evolução do quadro, como dislexia. O especialista confirmou que a rede classificou corretamente.

O registro de número sete se trata de um escolar de 11 anos de idade que passou por uma avaliação no centro de referência sendo submetido à bateria de testes sendo identificado como disortografia, que é um transtorno específico de escrita, mas que não necessariamente apresenta dislexia associada. Neste caso, não havia Transtorno Específico de Leitura, confirmando também que a rede neuronal classificou corretamente.

O especialista avaliou cada registro de todos os participantes da pesquisa para confirmar ou não os resultados apresentados pela rede neuronal, caracterizada pela sua capacidade de aprendizagem e associação de padrões. Esses padrões são indicativos de que a rede encontrou ou não algum problema escondido nos dados apresentados para o especialista e que correspondem a um determinado indivíduo.

7. Conclusões

Existe uma grande necessidade de ferramentas computacionais inteligentes para apoiar os profissionais no diagnóstico médico de pessoas com dislexia. Módulos Inteligentes de avaliação e intervenção são necessários para processar e sugerir as estratégias mais adequadas para desenvolver as habilidades necessárias para uma aprendizagem bem sucedida. Nessa perspectiva, a ferramenta de diagnóstico (*DysDTool*) foi concebida para ser utilizada como uma tecnologia de apoio no diagnóstico e intervenção da dislexia. Ela tem a capacidade de (i) aprender e reconhecer padrões através das redes neuronais e (ii) trabalhar com informações imprecisas representadas sob a forma de regras de produção fáceis de examinar e entender que caracterizam a dislexia herdada da lógica nebulosa. Por ser desenvolvida na linguagem Java para web herda todas suas características e vantagens (robustez, portabilidade, alto desempenho, flexibilidade e modularidade).

O módulo web da *DysDTool* apresenta as interfaces de captura de dados, diagnóstico e intervenção, possui uma linguagem clara para que o especialista em dislexia determine e personalize as estratégias computacionais mais adequadas para cada indivíduo dependendo do seu grau disléxico. O módulo de tratamento de dados permite capturar, tratar estatisticamente e transformar os dados para formatos gráficos que serão apresentados para que o especialista avalie e determine qual a forma de intervenção mais adequada para cada indivíduo. O módulo de intervenção utiliza lógica nebulosa para inferir e sugerir as estratégias computacionais mais adequadas que são passadas para o módulo de avaliação. A *DysDTool* auxiliará o especialista no diagnóstico e intervenção mais precoce das dificuldades de aprendizagem em indivíduos com suspeita de dislexia.

Atualmente a ferramenta possui algumas limitações, ela ainda está em fase de desenvolvimento, no entanto, os estudos da fundamentação teórica já foram concluídos para a detecção e avaliação.

Referências

- Carvalho, L. A. V. (2005). *Datamining – A Mineração de Dados no Marketing, Medicina, Economia, Engenharia e Administração*. Ed. Ciência Moderna Ltda, Rio de Janeiro.
- Cougo, P. S. (1997). *Modelagem conceitual e projeto de banco de dados*. Editora Campus, Rio de Janeiro.

- Dutra, M. V. O. e Souza, M. N. (2001). Redes neurais artificiais e análise fatorial no diagnóstico do distúrbio neuropsicológico infantil. In *Memorias II Congresso Latinoamericano de Ingenieria Biomédica*. Habana, Cuba.
- Haykin, S. (2002). *Redes neurais: princípios e prática*. Bookman, Porto Alegre, 2 edition.
- Heuser, C. A. (2001). *Projeto de Banco de Dados*. Sagra Luzzatto, Porto Alegre.
- Kosko, B. (1997). *Fuzzy Engineering*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Lyon, R., Shaywitz, S., e Shaywitz, B. (2003). A definition of dyslexia. In *Annals of Dyslexia*, number 53, pages 1–14. Springer.
- Macário Costa, R. J. (2011). *Uma estratégia computacional na detecção da dislexia*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Macário Costa, R. J., Serra, S. M., Tosta, F. O., Carvalho, L. A. V., e Mousinho, R. (2009). Redes neuronais e transtornos de aprendizagem: rastreamento de pessoas com dislexia. In *Congresso SBIE*, Florianópolis, SC.
- Mangas, C. e Sánchez, J. (2010). A dislexia no ensino superior: características, consequências e estratégias de intervenção. *Revista Iberoamericana de Educación*, 7:1–14.
- Mousinho, R. (2003). Desenvolvimento da leitura, escrita e seus transtornos. In *Goldfeld, M. Fundamentos em Fonoaudiologia - Linguagem*, pages 39–59, Rio de Janeiro. Guanabara Koogan.
- Poel, Jankees Van Der ; MASCENA, E. N. . P. G. M. . H. T. C. S. . M. T. F. L. . B. L. V. (2007). Um sistema para diagnóstico auxiliado por computador voltado para imagens mamográficas: Desempenho da busca baseada em conteúdo na recuperação de achados. In *VII Workshop de Informática Médica - WIM 2007*, pages 194 – 203.
- Regtvoort, A. G. F. M. e Van Der Leij, A. (2007). Early intervention with children of dyslexic parents: Effects of computer-based reading instruction at home on literacy acquisition. *Learning and Individual Differences*, 17(1):35–53.
- Rezende, S. O. (2005). *Sistemas Inteligentes: Fundamentos e aplicações*. Editora Manole Ltda, Barueri-SP.
- Snowling, M. (2004). *Dislexia, fala e linguagem: um manual do profissional*. Artimed, Porto Alegre.
- Soriano, M. F. (2004). Editorial: Current perspectives in the study of developmental dyslexia. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 2(2):1–4.
- Tsoukalas, L. H. e Uhrig, R. E. (1997). *Fuzzy and Neural approaches in engineering*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8:338–353.