

**ANAIS DO WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO DA FACCAMP  
VOLUME 2 (2015)  
XI WCF 2015**

**CAMPO LIMPO PAULISTA  
23, 24 e 25 de setembro de 2015**

## Apresentação.

Uma vez mais a comunidade de Computação da Faculdade de Campo Limpo Paulista se reúne para participar do XI Workshop de Computação da FACCAMP (WCF).

Ao longo destes anos, nossos *Workshops* têm contado com a presença de professores, pesquisadores e profissionais do mundo empresarial que ministraram palestras, minicursos e apresentaram seus trabalhos de pesquisa e desenvolvimento. Também, ao longo destes anos, alguns de nossos ex-alunos voltaram para nos contar suas experiências acadêmicas e profissionais depois de se formarem.

A partir do VI WCF (2010), foram incluídas apresentações dos projetos do grupo de pesquisa em Ciência da Computação da FACCAMP. Este grupo, integrado por professores doutores, tem realizado esforços nos últimos anos para contribuir com o desenvolvimento científico e tecnológico da computação e com o aumento do nível de nossos cursos de graduação. O trabalho deste grupo teve como resultado o início das atividades do Mestrado em Ciências da Computação na FACCAMP, reconhecido pela CAPES em 2012. Com a abertura do Mestrado, nossos Workshops também têm sido mais uma oportunidade de troca de conhecimento e experiências entre os cursos de Graduação e Pós-Graduação.

Estes anais contêm os artigos apresentados no XI WCF 2015 (XI Workshop de Computação da FACCAMP) que teve lugar durante os dias 23, 24 e 25 de setembro na FACCAMP. Na edição deste ano, foram aceitos 25 trabalhos e cada um deles foi revisado por, no mínimo, dois membros do Comitê do Programa. Os artigos aceitos apresentam trabalhos de pesquisa concluídos ou em andamento. Embora a maioria dos trabalhos são de alunos do programa de Graduação e Mestrado em Ciência da Computação da FACCAMP, a participação de trabalhos de pesquisadores de fora da comunidade da FACCAMP tem se incrementado consideravelmente, o que nos impulsiona a seguir trabalhando para que o nosso Workshop seja cada vez mais representativo na comunidade computacional.

Finalmente, gostaríamos de agradecer a todos que fizeram possível o XI WCF, em particular, aos revisores dos artigos pela sua dedicação.

Em nome da Faculdade de Campo Limpo Paulista, desejamos a todos uma proveitosa e ativa participação neste *Workshop*.

23 de setembro de 2015,  
Campo Limpo Paulista (SP)

Ana Maria Monteiro  
Luis Mariano del Val Cura

## Índice

Mineração de Dados Educacionais para a Predição de Desempenho Acadêmico em Cursos Universitários . . . . .	1
<i>Maitê Marques e Maria Do Carmo Nicoletti</i>	
Tratamento do Volume de Dados Armazenados em Ambiente de Aprendizado Baseado em Instâncias . . . . .	6
<i>Luis Claudiano e Maria Do Carmo Nicoletti</i>	
Algoritmos de Agrupamento Divisivos com Pré-Determinação do Número de Grupos . . . . .	11
<i>Paulo Rogerio Nietto e Maria Do Carmo Nicoletti</i>	
Algoritmos Aglomerativos de Agrupamento Baseados em Teoria de Matrizes . . . . .	16
<i>Rodrigo Camargos e Maria Do Carmo Nicoletti</i>	
Proposta de uma Plataforma de Larga Escala para Monitoração de Pacientes . . . . .	21
<i>Norberto Dos Santos e Shusaburo Motoyama</i>	
Interface para Busca Semântica: Um Estudo sobre o Estado da Arte . . . . .	26
<i>Paulo Rogerio Nietto e Rodrigo Camargos</i>	
Sistema de Ponto Eletrônico Digital: projeto e implementação de hardware e software para um sistema embarcado de coleta de dados e conexão Web com uma aplicação para administração das informações . . . . .	34
<i>Andre Devecchi</i>	
Abd1: uma linguagem de paradigma lógico projetada especificamente para a programação de raciocínios abduativos . . . . .	39
<i>Carlos Eduardo A. Oliveira e Osvaldo Luiz Oliveira</i>	
O uso de aplicativos mobile para auxiliar na verificação de fatos aprendidos pelo NELL . . . . .	44
<i>Caio G. Herrera e Luís Felipe F. C. Tomazini</i>	
Definição de projetos para bioimpressão em STL utilizando orientação a objetos e VTK . . . . .	49
<i>Luiz Francisco e Luis Trevelin</i>	
Uma Técnica de Encaminhamento de Pacotes Baseada em Menor Atraso Através das Medições da Taxa e de Comprimento de Pacotes para a Rede de Aplicações Médicas . . . . .	57
<i>Ronaldo Plovas e Shusaburo Motoyama</i>	
Mobile Learning para apoio ao ensino de Logica Proposicional . . . . .	62
<i>Andrew R. Ruiz</i>	

Uma Análise de Estudos Sobre Eficiência e Avaliação da Metodologia WebQuest .....	67
<i>Sergio Santos Silva Filho e Rodrigo Bonacin</i>	
Guideline para desenvolvimento de aplicativos educacionais mobile .....	75
<i>João Cruz, Rodrigo Ramos e Wellington Rodrigues</i>	
Amplificação de Sinais de Matriz de Microeletrodos usando Ressonância Estocástica .....	83
<i>Marco Antonio Barreto, Francisco Fambrini e Jose Saito</i>	
Mapeamento Sistemático sobre experimentos educacionais com uso de dispositivos móveis. ....	91
<i>João Roberto Ursino Da Cruz e Ana Maria Monteiro</i>	
Conjecturas sobre Dificuldades do Uso da Linguagem CHR na Programação de Raciocínios Abduativos por não Especialistas em Programação Lógica .....	96
<i>Ricardo J. Martins e Osvaldo L. Oliveira</i>	
Impacto da ordenação de matrizes por nested dissection nos métodos de pontos interiores .....	101
<i>Wellington Rodrigues e Marta Fontova</i>	
Busca eficiente em bancos de dados biométricos utilizando o algoritmo de agrupamento sequencial BSAS .....	106
<i>Jovani Antonio Maccarini e Luis Mariano Del Val Cura</i>	
Interfaces Visuais e Perceptivas para apoio a Surdos. ....	114
<i>Vagner Scamati, Bruno Amaral, Anderson Francisco Oliveira e Marcelo P Guimaraes</i>	
Avaliação do desempenho de gerenciadores de bancos de dados Multi modelo em aplicações com persistência poliglota .....	122
<i>Fabio Oliveira e Luis Mariano del Val Cura</i>	
Investigação sobre Técnicas de Detecção de Intrusões em Redes de Computadores com base nos Algoritmos Knn e K-Means .....	130
<i>Mauricio Faria e Ana Monteiro</i>	
Reconhecimento Facial Utilizando Floresta de Caminhos Ótimos e algoritmos de votação .....	135
<i>Jair Silva e Luis Mariano del Val Cura</i>	
Um Algoritmo para Abdução Peirceana Baseado em uma Estrutura de Raciocínio Quaternária em Lógica Proposicional .....	143
<i>Felipe Rodrigues</i>	

Mapeando as principais Ferramentas de Autoria para Objetos de Aprendizagem através do uso de Mapeamento Sistemático no Google Scholar em 2015 .....	151
<i>Vinicius Tarcisio and Bruno Luz</i>	

## Comitê de Programa

Sandra Abib	Universidade Federal de S. Carlos (UFSCar)
Tatiana Annoni Pazeto	Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
Rodrigo Bonacin	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Maria Cecília Calani Baranauskas	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Júnia Coutinho Anacleto	Universidade Federal de S. Carlos (UFSCar)
Nelson Delfino d'Ávila Mascarenhas	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Heloisa de Arruda Camargo	Universidade Federal de S. Carlos (UFSCar)
Oswaldo Luiz de Oliveira	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Marcelo de Paiva Guimarães	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Luis Mariano del Val Cura	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Julio Cesar Dos Reis	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Cecília Mary Fischer Rubira	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Jose Hiroki Saito	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Estevam Rafael Hruschka	Universidade Federal de S Carlos (UFSCar)
Eduardo Javier Huerta Yero	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Mario Augusto Lizier	Universidade Federal de S. Carlos- Sorocaba (UFS-Car - Sorocaba)
Ana Maria Monteiro	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Luciana Montera	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Shusaburo Motoyama	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Maria do Carmo Nicoletti	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)
Emerson Carlos Pedrino	Universidade Federal de S. Carlos (UFSCar)
Aurélio Ribeiro Leite de Oliveira	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Norton Trevisan Roman	Universidade de São Paulo (USP)
Marta Ines Velazco Fontova	Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)

# Mineração de Dados Educacionais para a Predição de Desempenho Acadêmico em Cursos Universitários

Maitê Marques, Maria do Carmo Nicoletti

Faculdade Campo Limpo Paulista - FACCAMP  
Campo Limpo Paulista - SP

{maite.marques184@gmail.com, carmo@cc.faccamp.br}

**Abstract.** *Although originally being business oriented, data mining techniques nowadays can be applied to a variety of types of data such as those from meteorology, medicine, finance, insurance and, particularly, educational environments. This paper presents an ongoing research work in the area of Educational Data Mining, having as its main goal the prediction of university students' performance in a conventional teaching environment.*

**Resumo.** *Embora originalmente direcionadas a negócios, presentemente as técnicas de mineração de dados podem ser aplicadas a qualquer tipo de dado, tais como os relacionados à meteorologia, finanças, seguros e, particularmente, aqueles produzidos por instituições educacionais. Este artigo apresenta um trabalho de pesquisa em andamento na área Mineração de Dados Educacionais, cujo principal objetivo é a predição do desempenho de estudantes universitários em ambiente convencional de ensino.*

## 1. Introdução

A possibilidade de prever o desempenho de alunos em disciplinas de cursos universitários tem papel relevante em ambientes educacionais uma vez que pode subsidiar, de maneira decisiva, a condução do processo ensino-aprendizagem. Antever, com alguma margem de tempo, o desempenho de um aluno pode, entre outros, motivar o docente responsável pela disciplina a usar e aplicar recursos pedagógicos que permitam, por exemplo, a recuperação de alunos que satisfazem a um determinado perfil de desempenho, ainda durante o tempo regular da disciplina, sem a necessidade de tempo extra de recuperação, normalmente requerido. De uma maneira simplista, uma maneira de antever o desempenho escolar é considerar dados relativos a desempenhos escolares anteriores e, com base nesses dados, predizer um desempenho futuro. Obviamente existe um número bem grande de variáveis envolvidas em tal processo e, portanto, dependendo da qualidade dos dados disponíveis, a previsão pode ou não ser satisfatória e, eventualmente, ser usada para corrigir eventuais problemas.

Algoritmos e técnicas da área de Mineração de Dados (MD) podem subsidiar o processo de predição, desde que exista um volume suficiente de dados representativos e confiáveis. A MD pode ser caracterizada, de maneira abrangente e no que tange à pesquisa, como a área voltada ao estudo e investigação de formalismos matemáticos e técnicas computacionais, com vistas ao desenvolvimento de algoritmos para a exploração do volume (cada vez maior) de dados, relativos a um número crescente de domínios de conhecimento. Por meio do uso de algoritmos de MD pretende-se a extração de informação implícita que seja potencialmente útil (tal como regras de associação entre variáveis), a partir de dados relativos a um determinado domínio de conhecimento. Muitas das técnicas caracterizadas como de Mineração são algoritmos da área de Aprendizado de Máquina

(AM) que foram customizados para lidar com grandes volumes de dados e muitas vezes, algoritmos de MD e AM são entendidos como tendo a mesma funcionalidade.

A área intitulada Mineração de Dados Educacionais (MDE) diz respeito ao uso de técnicas de MD em domínios que abrangem dados educacionais. Como apontado em [García *et al.* 2011] e [Baker & Yacef 2010], a MDE emergiu nos últimos anos como uma área de pesquisa para pesquisadores das mais diversas áreas (e.g., Computação, Educação, Estatística, Sistemas Tutores Inteligentes, E-learning, etc.), quando da análise de grandes volumes de dados com o objetivo de resolver questões voltadas às áreas educacionais associadas às respectivas áreas de pesquisa individuais. O aumento no número de repositórios com dados acadêmicos de alunos e, também, a rápida obtenção (embora restrita) de tais dados por meio de *queries* a banco de dados, tem viabilizado, de certa forma, o seu uso em um contexto acadêmico, para extração de informações que podem reverter em replanejamento de disciplinas, redirecionamento de práticas pedagógicas, revisão de ementas, e outros. Processos utilizados em MDE podem ser vistos como conversores daqueles dados acadêmicos brutos que foram obtidos por sistemas educacionais tradicionais (sejam eles automatizados ou não), em informação útil ao sistema educacional como um todo, que pode ser utilizada por desenvolvedores de software, professores, pesquisadores educacionais, etc.

O projeto em desenvolvimento, foco deste artigo, tem por objetivo principal a investigação do uso de determinadas técnicas de MD/AM com o objetivo de prever o desempenho de alunos em disciplinas de cursos universitários. A Seção 2 brevemente apresenta algumas possíveis técnicas de MD cogitadas para a inferência de desempenho acadêmico, com base nos dados descritos na seção seguinte. A Seção 3 descreve os dados que cogitados para os experimentos de MDE, que estão armazenados em um banco de dados de uma instituição educacional localizada no estado de São Paulo. São dados relativos à caracterização de alunos bem como à descrição dos respectivos históricos escolares. A Seção 4 finaliza o trabalho elencando os próximos passos para a conclusão do projeto.

## 2. Uma Breve Descrição das Técnicas de MD/AM Cogitadas

O projeto tem por objetivo o uso de técnicas de MD/AM para a predição do desempenho de alunos de um curso superior de Bacharelado em Ciências da Computação. Pretende-se também uma comparação entre os resultados obtidos pelas técnicas cogitadas com o objetivo não apenas de descobrir qual é a mais apropriada para o objetivo proposto mas, também, com vistas a um futuro sistema computacional que a disponibilize a docentes, como parte de uma ferramenta adicional para acompanhamento de alunos. Aprendizado indutivo de máquina é um processo de aprendizado automático que, a partir de um conjunto de instâncias (exemplos, padrões) induz uma expressão geral do conceito representado pelas instâncias fornecidas. Caso as instâncias sejam descritas também por um atributo classe e o algoritmo faça uso dessa informação, o aprendizado é chamado de supervisionado, caso contrário, de não supervisionado. Dependendo do algoritmo utilizado a expressão geral pode ser representada como um conjunto de regras de decisão, uma árvore de decisão, uma rede neural, ou simplesmente como um conjunto de grupos formados com base nas instâncias fornecidas. Para o objetivo de aprendizado proposto, em princípio, serão utilizados: (1) classificadores Naïve Bayes [Friedman *et al.* 1997]; (2) árvores de decisão (algoritmo C4.5) [Quinlan 1993]; (3) o NN [Cover & Hart 1967] e o (4) Apriori [Agrawal e Srikant 1994] que são brevemente descritos a seguir.

Classificadores Naïve Bayes (CNB) são uma família de classificadores probabilísticos simples, baseados no uso do resultado estabelecido pelo teorema de Bayes. O CNB assume que: (i) todas as variáveis (atributos) são condicionalmente independentes umas das outras, dada a variável classe e (ii) todas as variáveis são diretamente dependentes da variável classe. Langley e colegas em [Langley *et al.* 1992] mostraram que o CNB consegue competir com um dos mais bem sucedidos sistemas de aprendizado de máquina, conhecido como C4.5 [Quinlan 1993]. O C4.5 constrói árvores de decisão a partir de um conjunto de dados de treinamento, utilizando para direcionar o crescimento da árvore, o conceito de entropia da informação. O método Nearest Neighbor (NN) é um método de aprendizado automático caracterizado como *baseado em instâncias*; é bastante popular para a classificação de instâncias de dados devido, principalmente, à sua simplicidade e habilidade de produzir classificações com boa precisão. O algoritmo conhecido como Apriori é voltado à mineração de padrões sequenciais. No trabalho em que foi proposto [Agrawal & Srikant 1994] o algoritmo descrito gera, como saída, um conjunto de itemsets considerados frequentes (um itemset é um conjunto de itens básicos). A partir do conjunto de itemsets frequentes, são geradas regras de associação, com o objetivo de estabelecer possíveis relações entre itens de dados participantes de *itemsets*, para uso futuro, geralmente por sistemas administrativos de tomada de decisão. A extração de regras de associação a partir de dados educacionais já foi objeto de algumas pesquisas descritas na literatura (ver [García *et al.* 2011], [Abdullah *et al.* 2011]) com relativo sucesso.

### 3. Sobre os Dados a serem Utilizados

Como apontado em [Whitten & Frank 2005], técnicas de mineração de dados investem no desenvolvimento de programas computacionais que automaticamente "peneiram" bases de dados, na busca de regularidades ou padrões. Tais padrões, quando robustos, podem ser generalizados e usados em previsões relacionadas a dados futuros. É importante lembrar que, muitas vezes, processos de mineração encontram padrões que são triviais ou de senso comum. Outras vezes, espúrios ou incertos. Um aspecto de extrema relevância quando do uso de técnicas de aprendizado de máquina e/ou mineração de dados, diz respeito à qualidade dos dados disponíveis para a tarefa de aprendizado/mineração. Via de regra dados reais (i.e., dados que não são artificialmente criados para validar certos aspectos de algum sistema) têm imperfeições: podem ter partes confusas bem como ausentes e, como consequência, qualquer padrão detectado provavelmente será inexato. Os autores enfatizam que algoritmos precisam ser robustos o suficiente para lidar com dados imperfeitos e para extrair regularidades que, embora inexatas, sejam úteis.

Os dados a serem utilizados nos experimentos com técnicas de MDE provêm de um curso superior de Bacharelado em Ciências da Computação oferecido por uma faculdade da região metropolitana da cidade de São Paulo que, por razões de sigilo será referenciada neste trabalho apenas como Faculdade. O curso de Bacharelado em Ciência da Computação foi escolhido devido à maior familiaridade com a grade curricular das autoras deste trabalho. Alunos ingressam no curso via exame de seleção promovido pela Faculdade, duas vezes ao ano. Para alunos que seguem a matriz curricular vigente, a duração do curso é de 4 anos. Via de regra a população estudantil provêm de regiões relativamente próximas à Faculdade, sendo um pequeno número proveniente de outros estados e alguns poucos estrangeiros. Informações sobre alunos da Faculdade são armazenadas em dois

tipos de registros: o Registro do Estudante e o Histórico Escolar do Estudante. As informações contidas em cada um deles estão na Tabela 1. Nos experimentos do Registro do Estudante serão utilizados inicialmente as informações (5), (6), (7), (8) e (12) e do Registro de Dados Acadêmicos (4), (9) e (10). O impacto de cada um dos atributos nos resultados será avaliado empiricamente, quando da realização dos experimentos. Estima-se que o número de padrões de dados para os experimentos, vai estar em torno de 240. Com base em registros históricos de desempenho no curso e, particularmente, na disciplina de Construção de Algoritmos e Programação I (CAP1), serão induzidos classificadores, para predição do desempenho na disciplina CAP1.

**Tabela 1. Informações Discentes junto à Faculdade.**

<b>REGISTRO DO ESTUDANTE</b>	<b>COMENTÁRIOS E/OU OPÇÕES DISPONÍVEIS</b>
(1) Nome	
(2) Endereço	
(3) Telefone	
(4) E mail	
(5) Data de nascimento	
(6) Idade	
(7) Sexo	
(8) Estado Civil	solteiro(a), casado(a), divorciado(a), viúvo(a).
(9) RG	
(10) CPF	
(9) Título de eleitor	
(9) RNE	para estrangeiros apenas.
(10) Cor	amarela, branca, indígena, negra, parda, não declarado.
(11) Religião	61 possíveis religiões disponíveis para escolha.
(12) Maior grau de instrução	médio completo, superior incompleto, superior completo, especialista, mestre, doutor.
(13) Nome do pai	
(14) Nome da mãe	
(15) Nome do responsável	
<b>DADOS ACADÊMICOS</b>	<b>COMENTÁRIOS E/OU OPÇÕES DISPONÍVEIS</b>
(1) Registro Acadêmico (RA)	
(2) Data de Conclusão Ensino Médio	
(3) Data do vestibular	
(4) Nota no vestibular	
(5) Classificação no vestibular	
(6) Data ingresso no curso	
(7) Data término do curso	
(8) Turma	Reserva de vaga, cursando, concluído.
(9) Lista de Disciplinas Cursadas	Cada disciplina cursada tem as seguintes informações a ela associadas: [Nome, Turma, Sem., Ano, NroFaltas, Notas, Média].
(10) Histórico escolar	Aproveitamentos, disciplinas cursadas, disciplinas a cursar, pendências.

#### **4. Próximos Passos do Desenvolvimento do Projeto**

A pesquisa descrita se iniciou com um levantamento bibliográfico preliminar, com o objetivo de prospectar a área de MDE e identificar algumas das contribuições existentes. Em seguida foi feito um estudo de técnicas de MD/AM, com vistas a selecionar as mais promissoras para cumprir o objetivo pretendido da pesquisa que, presentemente, se encontra na fase definição e pré-processamento dos dados advindos de um ambiente educacional específico, de maneira a torná-los factíveis de serem tratados por técnicas de

MD/AM. Particularmente estão sendo definidas e realizadas tarefas relacionadas à seleção e transformação de atributos e, eventualmente, de integração de dados. Uma vez finalizada a fase atual, as técnicas de AM/MD brevemente descritas na Seção 2 serão usadas em experimentos relacionados à predição de desempenho acadêmico, com análise e discussão dos resultados obtidos, bem como recomendações quanto à efetividade do uso de tais técnicas como uma ferramenta adicional ao acompanhamento do desempenho discente. Para os experimentos pretende-se usar o ambiente Weka de MD/AM [Weka 2012].

## Referências

- [Abdullah *et al.* 2011] Abdullah, Z.; Herawan, T.; Ahmad, N.; Deris, M. M. (2011) Mining significant association rules from educational data using critical relative support approach, *Procedia - Social and Behavioural Sciences*, v. 28, 97–101.
- [Agrawal & Srikant 1994] Agrawal, R.; Srikant, R. (1994) Fast algorithms for mining association rules in large databases, In: *Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases (VLDB)*, Chile, 487–499.
- [Baker & Yacef 1010] Baker, R.; Yacef, K. (2010). The state of educational data mining in 2009: A review and future visions, *Journal of Educational Data Mining*, 3–17.
- [Cover & Hart 1967] Cover, T. M.; Hart, P. E. (1967) Nearest neighbor pattern classification, *IEEE Transactions on Information Theory*, v. IT-13, no. 1, 21–27.
- [Friedman *et al.* 1997] Friedman, N.; Geiger, D.; Goldszmidt, M. (1997) Bayesian network classifiers, *Machine Learning*, v. 29, 131–163.
- [García *et al.* 2011] García, E.; Romero, C.; Ventura, S.; de Castro, C. (2011) A collaborative educational association rule mining tool, *Internet and Higher Education*, v. 14, 77–88.
- [Langley *et al.* 1992] Langley, P.; Iba, W.; Thompson, K. (1992) An analysis of Bayesian classifiers, In: *Proc. of the AAAI-92*, 223–228.
- [Mitchell 1997] Mitchell, T. M. (1997) *Machine Learning*, USA: McGraw-Hill.
- [Quinlan 1993] Quinlan, J. R. (1993) *Programs for Machine Learning*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc. USA:
- [Theodoridis & Koutroumbas 2009] Theodoridis, S.; Koutroumbas, K. (2009) *Pattern Recognition*, 4th ed., USA: Elsevier.
- [Weka 2012] *WEKA Manual*, Version 3-6-8, New Zealand: University of Waikato.
- [Whitten & Frank 2005] Whitten, I. H.; Frank, E. (2005) *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 2nd. ed., USA: Elsevier.

# Tratamento do Volume de Dados Armazenados em Ambiente de Aprendizado Baseado em Instâncias

Luis André Claudiano, Maria do Carmo Nicoletti

Faculdade de Campo Limpo Paulista - FACCAMP

Campo Limpo Paulista - SP

{laclaudi@uol.com.br, carmo@cc.faccamp.br

**Abstract.** *This paper presents an ongoing research work in the area of instance-based learning (IBL). Algorithms that implement IBL frequently have to deal with the problem of deciding which data instances (and their description) to store for use during the generalization phase. Storing too many instances requires large memory, which can contribute to slowing down the execution speed. So strategies that allow a reduction in the storage requirements, without reducing the performance of programs implementing such algorithms, should be considered. The paper presents the main topics of the research conducted so far; a few strategies proposed in the literature, for reducing the storage volume associated with IBL, will be the main research topic to be pursued.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta um trabalho de pesquisa em andamento na área de aprendizado baseado em instâncias (ABI). Algoritmos que implementam ABI têm que lidar com o problema de decidir quais instâncias de dados (e suas descrições) armazenar para uso durante a fase de generalização. O armazenamento de muitas instâncias requer uma memória de tamanho considerável, fato que pode contribuir para tornar mais lenta a execução do programa que implementa tal algoritmo. Assim sendo, estratégias devem ser consideradas que permitam a redução em exigências de armazenamento, sem que isso provoque redução da performance de tais programas. O artigo descreve os principais tópicos de pesquisa abordados até o momento; algumas poucas estratégias encontradas na literatura, para a redução do volume de armazenamento associado com o ABI, serão abordadas na continuação da pesquisa.*

## 1. Introdução

Aprendizado de Máquina (AM) é uma das muitas subáreas da área de pesquisa denominada Inteligência Artificial (IA). O chamado *aprendizado indutivo de máquina* (AIM) é o modelo de AM mais popular e mais bem sucedido e tem sido implementado utilizando inúmeras técnicas e algoritmos (ver [Mitchell 1997]). Para viabilizar AIM é mandatório que um conjunto de instâncias, que representam os conceitos a serem aprendidos, esteja disponível. Esse conjunto de instâncias é denominado *conjunto de treinamento*. Conjuntos de treinamento geralmente são descritos por vetores de pares atributo–valor\_de\_atributo e, dependendo da situação, de uma classe associada (que indica qual conceito a instância em questão representa). A classe de cada instância que participa do conjunto de treinamento é, na maioria dos casos, determinada por um especialista humano da área de conhecimento descrita pelos dados.

Dentre os muitos modelos de aprendizado supervisionado (e.g., simbólico, neural, etc.), encontra-se aquele chamado de *aprendizado baseado em instâncias* (ABI) (também conhecido como *aprendizado preguiçoso* (*lazy learning*)). Como comentado em [Mitchell

1997] algoritmos que implementam ABI, via de regra, simplesmente armazenam as instâncias de treinamento e adiam o processo de 'generalização' até o momento em que uma nova instância, de classe desconhecida, precisa ser classificada. Uma vantagem desse tipo de aprendizado é que, ao invés de generalizar o conceito, considerando todo o conjunto de treinamento disponível, estima o conceito localmente, para cada nova instância a ser classificada. Uma das desvantagens de algoritmos baseados em instâncias é o custo da classificação, quando o conjunto de treinamento é volumoso e envolve, também, um grande número de atributos, uma vez que todo o processamento requerido acontece na fase de classificação, dado que a fase de aprendizado consiste simplesmente no armazenamento do conjunto de treinamento.

Algoritmos que implementam o aprendizado baseado em instâncias são, via de regra, inspirados no algoritmo *Nearest Neighbour* (NN) [Cover & Hart 1967] ou em alguma de suas variantes [Hart 1968] [Gates 1972]. A *descrição do conceito baseada em instâncias* inclui o conjunto de instâncias armazenadas e, possivelmente, alguma informação relativa ao desempenho de tais instâncias, durante processos de classificação que já aconteceram. A família de algoritmos conhecida como *Instance-based Learning* (IBL) apresentada e avaliada em [Aha *et al.* 1991] [Aha 1992] agrupa um conjunto de algoritmos que implementam o ABI. Os algoritmos da família IBL procuram contornar alguma das limitações associadas aos algoritmos de IBI que, como apontado em [Breiman *et al.* 1984], tem como inconvenientes:

- são classificadores computacionalmente caros uma vez que armazenam todas as instâncias de treinamento;
- são intolerantes a atributos com ruído;
- são intolerantes a atributos irrelevantes;
- são sensíveis à escolha da função de similaridade;
- não existir maneira natural ou simples de se trabalhar com atributos que tenham valores nominais ou, então, atributos que, por alguma razão, não têm valores associados;
- fornecerem pouca informação útil com relação à estrutura dos dados.

Este artigo descreve o trabalho sendo realizado, que tem como contexto os algoritmos de ABI e, como foco, a investigação de esquemas que buscam tratar/contornar um dos principais inconvenientes no uso de tais algoritmos i.e., aquele decorrente da necessidade de armazenamento de todas as instâncias de treinamento. Uma das formas de lidar com o alto volume de instâncias armazenadas é por meio das chamadas técnicas de redução. Para tanto, o trabalho se propõe a investigar empiricamente alguns algoritmos que implementam técnicas de redução, particularmente os seis algoritmos propostos em [Wilson & Martinez 2000]. A investigação buscará comprovar (ou não) a real contribuição de tais estratégias, quando agregadas a um conjunto de algoritmos que implementam ABI.

## 2. O Nearest Neighbor (NN) & Variantes

No que segue alguns algoritmos de ABI que são objeto da pesquisa sendo conduzida são abordados com relação a várias de suas características.

O algoritmo mais básico de ABI é aquele conhecido como *vizinho mais próximo* (*Nearest Neighbor* – NN). Tal algoritmo assume que todas as instâncias armazenadas correspondem a pontos no espaço N-dimensional  $R^N$  e, então, uma função de distância é

usada para determinar qual instância, dentre aquelas armazenadas, é a mais próxima de uma dada nova instância (a ser classificada). Uma vez determinada a instância mais próxima, sua classe é atribuída à nova instância considerada. Via de regra a determinação do(s) vizinho(s) mais próximo(s) é feita por meio do cálculo da distância; a distância euclidiana é a mais popular entre as distâncias utilizadas para esse fim.

Considere que uma instância arbitrária  $x$  seja descrita pelo vetor  $N$ -dimensional de valores de atributos notado por  $\langle a_1(x), a_2(x), \dots, a_N(x) \rangle$  ( $a_r(x)$  representa o valor do  $r$ -ésimo atributo da instância  $x$ ,  $1 \leq r \leq N$ ). A distância euclidiana entre duas instâncias  $x_i$  e  $x_j$  é mostrada na Eq. (1).

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{r=1}^N (a_r(x_i) - a_r(x_j))^2} \quad (1)$$

O processo de classificação de uma nova instância pode ser estendido considerando um número maior de vizinhos mais próximos (da instância a ser classificada), o que dá origem à versão do algoritmo conhecida como *k vizinhos mais próximos* ( $k$ -NN), cujo algoritmo, para o aprendizado de funções com valores discretos i.e.,  $f: \mathbb{R}^N \rightarrow V$ , em que  $V = \{v_1, \dots, v_s\}$  é apresentado na Figura 1 (extraído de [Mitchell 1997]).

*Algoritmo de treinamento:*

para cada exemplos de treinamento  $(x, f(x))$ , inclua o exemplo na lista *exemplos\_treinamento*

*Algoritmo de classificação:*

- seja  $x_q$  uma instância a ser classificada,
  - sejam  $x_1, \dots, x_k$  as  $k$  instâncias da lista *exemplos\_treinamento* mais próximas de  $x_q$
  - retorne

$$\hat{f}(x_q) \leftarrow \operatorname{argmax}_{v \in V} \sum_{i=1}^k \delta(v, f(x_i))$$

em que  $\delta(a,b)=1$  se  $a=b$ , caso contrário,  $\delta(a,b)=0$

**Figura 1. Algoritmo K-NN para aproximação de uma função com valores discretos,  $f: \mathbb{R}^N \rightarrow V$ .**

Considere que *exemplos\_treinamento* seja  $\{(x_1, v_1), (x_2, v_1), (x_3, v_2), (x_4, v_3), (x_5, v_1)\}$  ou seja, com cinco instâncias  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  representando 3 classes distintas i.e.,  $v_1, v_2$  e  $v_3$ . A função  $f$  associa a cada instância sua respectiva classe ou seja,  $f(x_1) = v_1, f(x_2) = v_1, f(x_3) = v_2$ , etc. Suponha que  $x_6$  seja uma instância a ser classificada e que  $x_1, x_2$  e  $x_4$  sejam as  $k=3$  instâncias mais próximas de  $x_6$ . Seguindo o algoritmo da Figura 1, uma soma deve ser conduzida para cada uma das classes associadas às  $k=3$  instâncias existentes, ou seja, para  $v_1$  e  $v_3$ .

Para a classe  $v_1$  soma-se, para cada uma das instâncias próximas de  $x_6$ , os valores  $\delta(v_1, f(x_1)) + \delta(v_1, f(x_2)) + \delta(v_1, f(x_4)) = \delta(v_1, v_1) + \delta(v_1, v_1) + \delta(v_1, v_3) = 1+1+0=2$ .

Para a classe  $v_3$  soma-se, para cada uma das instâncias próximas de  $x_6$ , os valores  $\delta(v_3, f(x_1)) + \delta(v_3, f(x_2)) + \delta(v_3, f(x_4)) = \delta(v_3, v_1) + \delta(v_3, v_1) + \delta(v_3, v_3) = 0+0+1=1$ .

Dentre as duas classes  $v \in \{v_1, v_3\}$ , a que teve o maior valor de soma foi a classe  $v_1$  e, portanto, tal classe é atribuída à instância  $x_6$ .

O algoritmo descrito na Figura 1 pode ser facilmente adaptado para a aproximação de funções com valores contínuos. Para fazer isso o algoritmo deve calcular o valor médio dos  $k$  exemplos de treinamento mais próximos, ao invés de calcular o seu valor mais comum. Mais precisamente, para aproximar uma função contínua  $f: \mathbb{R}^N \rightarrow \mathbb{R}$ , a fórmula final do algoritmo descrito na Figura 1 deve ser substituída por Eq. (2).

$$\hat{f}(x_q) \leftarrow \frac{\sum_{i=1}^k f(x_i)}{k} \quad (2)$$

Quando do cálculo da distância entre instâncias, o  $k$ -NN utiliza todos os atributos que descrevem a instância. Este fato contrasta, de certa forma, com outros métodos de aprendizado automático como, por exemplo, o aprendizado de regras de decisão (ou árvores de decisão). Algoritmos que constroem árvores de decisão utilizam medidas (via de regra, a entropia) para identificar aqueles atributos que têm maior relevância para caracterizar os conceitos sendo aprendidos e, desta maneira, nem sempre o conjunto inteiro de atributos que descreve o conjunto de instâncias, comparece na expressão induzida do conceito. Essas medidas tendem a descartar atributos que são irrelevantes (para a caracterização do conceito).

Na literatura podem ser encontrados inúmeras propostas de variantes do NN (e  $k$ -NN) (ver [Bhatia & Vandana 2010]), que buscam contornar algum(ns) dos problemas apontados na Seção 1. Com esse mesmo objetivo e, também, para melhor caracterizar e tornar algoritmos de ABI mais robustos, Aha e colaboradores conduziram um estudo descrito em [Aha *et al.* 1991, Aha 1992] em que vários algoritmos de ABI foram propostos, sendo o IB1 o primeiro e o mais simples deles; os que o seguem i.e. IB2, IB3, IB4 e IB5, tratam de mecanismos para contornar alguns dos problemas evidenciados em domínios reais, tais como tratamento de ruídos nos dados, tratamento de atributos irrelevantes e a introdução de novos atributos.

Wilson & Martinez em [Wilson & Martinez 2000] em um contexto de ABI, apresentam seis algoritmos, caracterizados como de redução, que se propõem à remoção de instâncias da descrição do conceito, com vistas à redução do volume de armazenamento.

A pesquisa até agora conduzida permitiu delinear o conjunto de algoritmos de ABI que será o foco inicial da pesquisa, i.e., aquele constituído por NN,  $k$ -NN, IB1, IB2, IB3, IB4 e IB5, a medida que a pesquisa progrida poderão ser considerados outros algoritmos, tendo por motivação o uso de técnicas de redução. A pesquisa buscará evidenciar empiricamente a efetividade de cada um dos 6 algoritmos de redução propostos em [Wilson & Martinez 2000], quando agregado(s) a cada um dos algoritmos do conjunto escolhido. Avaliações de desempenho dos algoritmos de redução em conjuntos de dados artificiais e reais (extraídos do Repositório da UCI [Lichman 2013]) serão conduzidas após a implementação dos algoritmos em um sistema computacional.

## Referências

- [Aha *et al.* 1991] Aha, D. W.; Kibler, D.; Albert, M. K. (1991) Instance-based learning algorithms, *Machine Learning*, v. 6, pp. 37–66.
- [Aha 1992] Aha, D. W. (1992) Tolerating noisy, irrelevant and novel attributes in instance-based learning algorithms, *International Journal of Man-Machine Studies*, 36, 267–287.
- [Angiulli 2007] Angiulli, F. (2007) Fast condensed nearest neighbor, in: *Proc. of The 22nd ICML*, 5-11.
- [Angiulli 2007] Angiulli, F. (2007) Condensed nearest neighbor data domain description, Fast condensed nearest neighbor, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v. 29, n. 10, 1746–1758.
- [Bhatia & Vandana 2010] Bhatia, N.; Vandana, A. (2010) Survey of nearest neighbor techniques, *International Journal of Computer Science and Information Security*, v. 8, no. 2, 2010, 302-305.
- [Breiman *et al.* 1984] Breiman, L.; Friedman, J.; Stone, C. J.; Olshen, R. A. (1984) *Classification and regression trees*, CRC Press.
- [Cover & Hart 1967] Cover, T. M.; Hart, P. E. (1967) Nearest neighbor pattern classification, *IEEE Transactions on Information Theory*, v. IT-13, no. 1, 21–27.
- [Gates 1972] Gates, G.W. (1972) The reduced nearest neighbor rule, *IEEE Transactions on Information Theory*, v. 18, no. 3, 431–433.
- [Hart 1968] Hart, P. E. (1968) The condensed nearest neighbor rule, *IEEE Transactions on Information Theory*, v. 14, 515–516.
- [Lichman 2013] Lichman, M. (2013) *UCI Machine Learning Repository* [<http://archive.ics.uci.edu/ml>]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science.
- [Mitchell 1997] Mitchell, T. M (1997) *Machine Learning*, USA: McGraw-Hill.
- [Wilson & Martinez 2000] Wilson, D. R.; Martinez, T. R. (2000) Reduction techniques for instance-based learning algorithms, *Machine Learning*, v. 38, 257–286.

# Algoritmos de Agrupamento Divisivos com Pré-Determinação do Número de Grupos

**Paulo Rogério Nietto, Maria do Carmo Nicoletti**

Faculdade de Campo Limpo Paulista - FACCAMP

Campo Limpo Paulista - SP

{pnietto@outlook.com,carmo@cc.faccamp.br}

**Abstract.** *Hierarchical clustering algorithms (HC) construct a cluster hierarchy also known as dendrogram. They have, as main advantages, flexibility in regard the level of granularity as well as applicability to any attribute types. HC algorithms are categorized into agglomerative (bottom-up) and divisive (top-down). A hierarchical divisive clustering (HD) algorithm starts with a single cluster containing all patterns and recursively splits the most appropriate cluster. The main goal of this research is to identify data characteristics which promote a good performance of HD algorithms as well as to experiment possible data-preprocessing strategies for determining the number of clusters in a clustering, to be used as a stopping condition by HD algorithms. The paper describes the ongoing work and the main steps for achieving such goals.*

**Resumo.** *Algoritmos de agrupamento hierárquicos (AH) constroem uma hierarquia de agrupamentos também conhecida como dendrograma. Eles tem, como principais vantagens, flexibilidade em relação ao nível de granularidade bem como aplicabilidade a qualquer tipo de atributo. AH são categorizados em aglomerativos (bottom-up) e divisivos (top-down). Um algoritmo hierárquico divisivo (HD) começa com um único agrupamento contendo todos os padrões e, recursivamente, divide o grupo mais apropriado. O principal objetivo da pesquisa é identificar características de padrões de dados que promovem um bom desempenho de algoritmos HD e experimentar possíveis estratégias de pré-processamento de padrões, com o objetivo de determinar o número de grupos do agrupamento buscado, para ser usado como critério de parada de algoritmos HD. O artigo descreve o trabalho sendo conduzido e os principais passos para atingir os objetivos propostos.*

## 1. Introdução

Aprendizado de Máquina (AM) é uma subárea da Inteligência Artificial com foco em investigações e propostas de novos formalismos e algoritmos computacionais neles baseados, com vistas a dotar computadores com a habilidade de realizar aprendizado automático. Ao longo das últimas décadas inúmeras ideias de como viabilizar AM tem sido propostas e implementadas. O sucesso e a popularidade de métodos automáticos de aprendizado se devem, principalmente, aos chamados algoritmos de aprendizado indutivo de máquina (AIM). Inúmeras referências abordam revisões de algoritmos de AM e, particularmente, de AIM, tais como [Mitchell 1997] [Duda *et al.* 2001] [Murtagh & Contreras 2011] e [Witten *et al.* 2011].

Para que algoritmos de AIM aprendam a(s) expressão(ões) que representam conceito(s), é mandatório que esteja disponível a tais algoritmos um conjunto de padrões

(de dados), chamado *conjunto de treinamento*, que agrupa instâncias concretas do(s) conceito(s) a ser(em) aprendido(s). Via de regra cada padrão de um conjunto de treinamento é representado por um vetor de valores de atributos e de uma *classe* associada (*i.e.*, o conceito que o padrão representa). Algoritmos de AIM que fazem uso da informação da classe associada a cada padrão do conjunto de treinamento são caracterizados como algoritmos *de aprendizado supervisionado*. Nem sempre, entretanto, a classe participa da descrição dos padrões. Para que o aprendizado de máquina possa ainda assim ser realizado usando tais padrões, têm sido propostos, ao longo dos anos, um grupo de algoritmos, caracterizados como *de aprendizado não-supervisionado*, capazes de aprender sem supervisão *i.e.*, sem a informação extra da classe à qual o padrão pertence (ver [Theodoridis & Koutroumbas 1999], [Duda *et al.* 2001] e [Bandyopadhyay & Saha 2013]). Via de regra algoritmos e técnicas de agrupamento são utilizados quando não existe classe associada aos padrões; o uso clássico de agrupamento é em situações em que o conjunto original de dados deve ser particionado no que se convencionou chamar de 'grupos naturais'. Esses grupos, presumivelmente, refletem alguma tendência inerente ao domínio de conhecimento (de onde provém os padrões de dados), tendência essa que causa alguns dos padrões serem mais similares entre si do que mais similares a alguns outros, do mesmo conjunto.

Em várias taxonomias propostas na literatura, com o objetivo de organizar os algoritmos de agrupamento (ver [Xu *et al.* 2007], [Jain 2010]), uma categoria sempre presente é a dos chamados *algoritmos hierárquicos* que, via de regra, produzem um conjunto de agrupamentos aninhados, organizados como uma árvore hierárquica, que pode ser visualizada como um dendrograma. Os algoritmos hierárquicos, por sua vez, se subdividem em dois grupos: (1) *hierárquicos aglomerativos*, que se caracterizam por iniciar o processo com um agrupamento em que cada um dos padrões é considerado um grupo do agrupamento e (2) *hierárquicos divisivos*, que se caracterizam por iniciar o processo com um agrupamento tendo apenas um grupo, aquele com todos os padrões fornecidos e que, a cada passo, divide um dos grupos do agrupamento, até que cada grupo contenha um padrão (ou então, existam apenas  $k$  grupos, em que  $k$  é fornecido como parâmetro), em uma abordagem caracterizada como *top-down*.

Este artigo descreve os passos já realizados relativos a um projeto de pesquisa em nível de mestrado voltado à investigação empírica de algoritmos de agrupamento caracterizados como hierárquicos divisivos, que tem por objetivos: (1) experimentar possíveis estratégias para serem incorporadas em um pré-processamento inicial dos dados, de maneira a determinar, de antemão, quantos grupos o agrupamento a ser construído deveria ter e (2) identificar as características de domínio de dados que promovem um bom desempenho de algoritmos hierárquicos divisivos, considerando a informação obtida em (1). Na Seção 2 é introduzida a notação formal empregada nas descrições e são apresentados alguns conceitos necessários para o entendimento do que segue, bem como suas respectivas formalizações. A Seção 3 inicialmente apresenta uma descrição geral do Esquema Divisivo Generalizado (EDG), algoritmo fundamental ao estudo de agrupamentos divisivos para, então, apresentar seu pseudocódigo. A Seção 4 descreve os próximos passos para a continuação e finalização do projeto de pesquisa.

## 2. Estabelecimento da Notação Empregada e Conceitos Relevantes

Seja  $X = \{P_1, P_2, \dots, P_N\}$  um conjunto com  $N$  padrões de dados, cada um deles,  $P_i$ ,  $1 \leq i \leq N$ , descrito por  $M$  atributos,  $A_1, A_2, \dots, A_M$ . Um  $K$ -agrupamento de  $X$  é uma partição de  $X$  em  $K$  conjuntos (grupos),  $G_1, G_2, \dots, G_K$ . Uma vez que um  $K$ -

agrupamento é definido como uma partição do conjunto  $X$ , as três condições a seguir devem ser verificadas: (1)  $G_i \neq \emptyset$ ,  $i = 1, \dots, K$  (cada um dos grupos do agrupamento é não-vazio); (2)  $\bigcup_{i=1}^K G_i = X$  (a união de todos os grupos produz o conjunto  $X$ ); (3)  $G_i \cap G_j = \emptyset$ ,  $i \neq j$  e  $i, j = 1, \dots, K$  (os grupos são dois-a-dois disjuntos).

Considere dois padrões de um espaço  $M$ -dimensional,  $P_i = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{iM})$  e  $P_j = (P_{j1}, P_{j2}, \dots, P_{jM})$ . A Eq. (1) define a distância euclidiana entre eles.

$$d(P_i, P_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^M (P_{ik} - P_{jk})^2} \quad (1)$$

Considere novamente o conjunto de  $N$  padrões  $X = \{P_1, P_2, \dots, P_N\}$  e considere dois agrupamentos dos padrões de  $X$ , identificados por  $AG_1$  e  $AG_2$ , respectivamente. O agrupamento  $AG_1$ , contendo  $k$  grupos, está aninhado no agrupamento  $AG_2$  que contém  $r$  ( $< K$ ) grupos, (notado por  $AG_1 \langle AG_2$ ) se cada grupo em  $AG_1$  for subconjunto de um conjunto de  $AG_2$  e, pelo menos um grupo de  $AG_1$  for um subconjunto próprio de um elemento de  $AG_2$ . Seja  $X = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7\}$ . O agrupamento  $AG_1 = \{\{P_1, P_4, P_7\}, \{P_2, P_3, P_5\}, \{P_6\}\}$  está aninhado em  $AG_2 = \{\{P_1, P_4, P_6, P_7\}, \{P_2, P_3, P_5\}\}$ . Entretanto,  $AG_1$  não está aninhado nem em  $AG_3 = \{\{P_1, P_3, P_5, P_7\}, \{P_2, P_4, P_6\}\}$  ou tampouco em  $AG_4 = \{\{P_1, P_2, P_4, P_7\}, \{P_3, P_5, P_6\}\}$ .

### 3. O Esquema Divisivo Generalizado (EDG)

O Esquema Divisivo Generalizado (EDG) (*Generalized Divisive Scheme (GDS)*), como descrito em [Theodoridis & Koutroumbas 1999], é uma proposta de um procedimento geral para algoritmos hierárquicos divisivos, em que algumas das funções empregadas podem ser customizadas, na dependência da aplicação considerada. Devido à possibilidade de customização tal esquema pode dar origem a diferentes 'instanciações', muitas vezes consideradas novos algoritmos.

No processo iterativo conduzido pelo EDG, o  $t$ -ésimo agrupamento produzido tem  $t+1$  grupos. No que segue,  $G_{ij}$  representa o  $j$ -ésimo grupo do agrupamento  $AG_t$ , para  $t = 0, \dots, N-1$ ,  $j = 1, \dots, t+1$ . Seja  $g(G_i, G_j)$  uma função de dissimilaridade, definida para todos os possíveis pares de grupos que pertencem a um agrupamento. O agrupamento inicial é estabelecido como  $AG_0 = \{X\}$ . Para determinar o próximo agrupamento, são considerados todos os possíveis pares de grupos que formam uma partição de  $X$ . Entre eles, é escolhido o par, denotado por  $(G_{11}, G_{12})$ , que maximiza  $g$ . Esses grupos formam o próximo agrupamento  $AG_1 = \{G_{11}, G_{12}\}$ . No próximo passo são considerados todos os grupos produzidos por  $G_{11}$  e, dentre eles, é escolhido aquele que maximiza  $g$  (note que uma função de similaridade pode também ser usada e, se esse for o caso, é escolhido o par de grupos que minimiza  $g$ ). O mesmo procedimento é repetido para  $G_{12}$ . Assuma agora que dos dois pares de grupos resultantes, aquele originário de  $G_{11}$  obtém o maior valor de  $g$ ; seja esse par notado por  $(G_{11}^1, G_{11}^2)$ . O novo agrupamento então consiste de  $G_{11}^1$ ,  $G_{11}^2$  e  $G_{12}$ . Renomeando esses grupos como  $G_{21}$ ,  $G_{22}$  e  $G_{23}$ , respectivamente, o segundo agrupamento produzido é  $AG_2 = \{G_{21}, G_{22}, G_{23}\}$ . Continuando com o mesmo processo, são formados todos os agrupamentos subsequentes. A Figura 1 mostra um pseudocódigo alto nível do EDG (GDS).

Como descrito no pseudocódigo da Figura 1, algoritmos hierárquicos divisivos inicializam o processo de construção do agrupamento considerando um único agrupamento (que é o próprio conjunto original de padrões (treinamento)) e, subsequentemente, vão subdividindo o(s) grupos existente(s) com o objetivo de encontrar a melhor subdivisão. Tipicamente um grupo é subdividido em dois subgrupos (quando a estratégia de biseção for usada), o que induz a construção de uma árvore binária de grupos (a hierarquia).

```

procedure EDG (X, AGt)
Input: X = {P1, P2, ..., PN}
Output: AGt
1. begin
2. AG0 ← {X}                                % agrupamento inicial
3. Nro_G ← 1
4. t ← 0
5. repeat
6.   t ← t + 1
7.   for i ← 1 to t do
8.     entre todos os possíveis pares de grupos (Gr, Gs) que formam uma partição de
       AGt-1,i, encontrar o par (Gt-1,i1, Gt-1,i2) que produza o maior valor de g.
9.   Considerando os t pares definidos no comando anterior, escolher aquele que
       maximiza g. Suponha que esse par seja o (Gt-1,j1, Gt-1,j2).
10.  AGt ← (AGt-1 - {Gt-1,j}) ∪ {Gt-1,j1, Gt-1,j2}.
11.  renomear os grupos de AGt
until cada padrão esteja em um grupo unitário.
return AGt
end procedure

```

**Figura 1. Pseudocódigo do Esquema Divisivo de Agrupamento (EDG).**

Como comentado em [Berthold *et al.* 2010], a cada iteração de um algoritmo divisivo duas perguntas devem ser consideradas: (1) qual dos grupos deve ser subdividido? e (2) como dividir o grupo escolhido em dois subgrupos? A resposta à questão (1) geralmente implica o uso de medidas de validação para avaliar a qualidade de um dado grupo e, talvez aquele com pior qualidade possa ser o melhor candidato à uma próxima subdivisão. Se o número de subgrupos a ser obtido a partir de um grupo for conhecido ou, então, assumido ser fixo (como por exemplo 2, na estratégia da biseção, como na Figura 1), então algoritmos de agrupamentos que particionam grupos em um número fixo de subgrupos podem ser usados.

Como discutido em [Berthold *et al.* 2010], na abordagem *bottom-up* adotada por algoritmos hierárquicos aglomerativos as decisões são baseadas em informação local (distância entre vizinhos), a qual não é muito conveniente em situações em que padrões de dados têm fronteiras difusas e/ou têm ruídos. Em tais situações a abordagem *top-down* implementada por algoritmos divisivos pode fornecer melhores resultados, uma vez que a distribuição global dos padrões é considerada desde o início do processo de agrupamento. Por outro lado, entretanto, o esforço computacional realizado por algoritmos divisivos é maior; esse inconveniente, entretanto, pode ser minimizado por meio da interrupção do processo de construção da hierarquia após os primeiros passos uma vez que, usualmente, o número desejado de grupos é pequeno.

Para a investigação empírica dos algoritmos hierárquicos divisivos selecionados e de métodos de determinação do número de grupos, é parte do projeto o desenvolvimento de um ambiente computacional para as experimentações com os algoritmos a serem

implementados. Pretende-se usar uma versão do K-Means como *baseline* para comparações. A tentativa de identificação das características de domínio de dados que promovam bom desempenho de um algoritmo HD será feita empiricamente, com foco principalmente com variações em forma e densidade de grupos.

#### 4. Comentários Finais e Próximas Etapas

O trabalho até então desenvolvido, que envolveu levantamento bibliográfico e estudo de algoritmos HD, continuará com o desenvolvimento do ambiente computacional e a pesquisa e estudo de métodos que, com base no conjunto de dados fornecido, podem fornecer uma indicação aproximada do número de grupos em um agrupamento. Tal indicação será então usada nos experimentos com o HD, como critério de parada do algoritmo. Particularmente, dois métodos discutidos em [Theodoridis & Koutroumbas 1999] serão considerados. Também, uma das propostas de refinamento de algoritmos HD, evidenciada durante o levantamento bibliográfico será estudada (a descrita em [Guénoche *et al.* 1991]) com o objetivo de identificar sua real contribuição e, eventualmente, incorporá-la ao sistema computacional pretendido.

#### Referências

- Bandyopadhyay, S.; Saha, S. (2013) “Unsupervised Classification”, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Berthold, M. R.; Borgelt, C.; Höppner, F.; Klawonn, F. (2010) “Guide to Intelligent Data Analysis”, Texts in Computer Science, D. Gries & F. B. Schneider (Eds.), Springer-Verlag.
- Duda, R. O.; Hart, P. F.; Stork, D. G. (2001) “Pattern Classification”, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Guénoche, A.; Hansen, P.; Jaumard, B. (1991) “Efficient algorithms for divisive hierarchical clustering with the diameter criterion”, *Journal of Classification*, v. 8, pp. 5-30.
- Jain, A.K. (2010) Data clustering: 50 years beyond K-Means, *Pattern Recognition Letters*, v. 31, no. 8, pp. 651–666.
- Mitchell, T. M (1997) *Machine Learning*, USA: McGraw-Hill.
- Murtagh, F. & Contreras, P. (2011) “Methods of hierarchical clustering”, arXiv:1105.0121 [cs.IR], Cornell University Library.
- Theodoridis, S.; Koutroumbas, K. (1999) “Pattern Recognition”, USA: Academic Press.
- Witten, I. H., Frank E. Hall M. A. (2011) *Data mining: practical machine learning tools and techniques*, *Morgan Kaufmann*.
- Xu, H.; Xu, D, Lin, E. (2007) “An applicable hierarchical clustering algorithm for content-based image retrieval”, In: Proc. of The International Conference on Computer Vision/Computer Graphics Collaboration Techniques and Applications, MIRAGE’07, pp.82–92.

# Algoritmos Aglomerativos de Agrupamento Baseados em Teoria de Matrizes

Rodrigo Costa Camargos, Maria do Carmo Nicoletti

Faculdade de Campo Limpo Paulista - FACCAMP

Campo Limpo Paulista - SP

{rodrigocamargos@hotmail.com,carmo@cc.faccamp.br}

**Abstract.** *Hierarchical clustering algorithms (HC) produce a hierarchy of nested clustering, organized as a hierarchical tree. The so called agglomerative clustering algorithms (AC) can be approached as a particular category of HC, where the clustering process operates bottom-up. The main goal of this research is to identify data characteristics which promote a good performance of AC algorithms based on the matrix theory. The paper describes the ongoing work and main steps aiming at achieving such goal.*

**Resumo.** *Algoritmos de agrupamento hierárquicos (AH) produzem uma hierarquia de agrupamentos aninhados, organizados como uma árvore hierárquica. Os chamados algoritmos de agrupamento aglomerativos (AA) podem ser abordados como uma categoria particular de AH, em que o processo de agrupamento é feito de maneira bottom-up. O principal objetivo da pesquisa é identificar características de padrões de dados que promovem um bom desempenho de algoritmos AA baseados em teoria de matrizes. O artigo descreve o trabalho sendo conduzido e os principais passos com vistas a atingir o objetivo proposto.*

## 1. Introdução

Um dos primeiros requisitos para a utilização de um sistema computacional que realiza aprendizado indutivo é dispor de um conjunto de dados, conhecido como *conjunto de treinamento*, que representa o conceito a ser aprendido. Cada dado (ou padrão) de um conjunto de treinamento é, geralmente, descrito por um vetor de atributos (i.e., um vetor de valores associados a atributos) e, dependendo da situação, de uma classe associada (que indica qual conceito o dado em questão representa). A classe de cada padrão do conjunto de treinamento é, na maioria dos casos, determinada por um especialista humano da área de conhecimento à qual pertencem os dados. O fato de a classe participar da descrição do padrão e do algoritmo de aprendizado fazer uso dessa informação caracteriza a técnica de aprendizado automático como de *aprendizado supervisionado* (ver [Mitchell 1997], [Witten *et al.*, 2011]).

Em muitas situações do mundo real, entretanto, a classe à qual cada dado pertence é desconhecida e/ou não existe um especialista humano que, com base na descrição dos valores de atributos que descrevem os dados, seja capaz de determiná-la. Técnicas de aprendizado indutivo de máquina que lidam com conjuntos de dados que não têm uma classe associada são conhecidas como técnicas de *aprendizado não-supervisionado*. Uma das técnicas de aprendizado não-supervisionado mais populares é chamada de agrupamento (*clustering*). O objetivo principal de algoritmos de agrupamento é particionar o conjunto de padrões disponível em grupos, de acordo com as similaridades e dissimilaridades entre tais padrões. Como pode ser confirmado em pes-

quisa bibliográfica associada especificamente à agrupamentos, o número de algoritmos propostos na literatura é considerável (ver, por exemplo, [Theodoridis & Koutroumbas 2009], [Duda *et al.*, 2001], [Jain & Dubes 1988], [Jain 2010]).

Este artigo descreve os passos iniciais e as escolhas feitas até o momento, relativas ao projeto de pesquisa em desenvolvimento cujo foco é a investigação empírica de algoritmos de agrupamento caracterizados como hierárquicos, particularmente aqueles que se enquadram na subcategoria de *hierárquicos aglomerativos*. Algoritmos hierárquicos produzem uma hierarquia de agrupamentos aninhados; via de regra esses algoritmos envolvem  $N$  passos ou seja, tantos quantos forem os padrões disponibilizados. A cada passo  $t$  um novo agrupamento é produzido usando, para isso, o agrupamento produzido no passo anterior i.e., no passo  $t-1$ .

De interesse particular neste trabalho são os algoritmos de agrupamento aglomerativos (AA) baseados em conceitos da Teoria de Matrizes, com o objetivo (1) identificação das principais características de domínio de dados que promovem um bom desempenho deste tipo de algoritmo; (2) estudo entre as várias alternativas para o cálculo de distâncias entre conjuntos de padrões. Além desta seção inicial de introdução o artigo descreve, na Seção 2, alguns conceitos e suas formalizações, necessários para a compreensão do que segue. A Seção 3 apresenta brevemente o Esquema Aglomerativo Generalizado (EAG), algoritmo fundamental ao prosseguimento da pesquisa, discutindo sua adequação para o uso da teoria de matrizes. A Seção 4 finaliza esse artigo comentando sobre as próximas etapas do trabalho.

## 2. Principais Conceitos e Notação Empregada

Considere que o conjunto de  $N$  padrões a serem agrupados seja  $X = \{P_1, P_2, \dots, P_N\}$ , em que cada padrão  $P_i$ ,  $1 \leq i \leq N$  é descrito por  $M$  atributos,  $A_1, A_2, \dots, A_M$ . Um  $K$ -agrupamento de  $X$  é uma partição de  $X$  em  $K$  conjuntos (grupos),  $G_1, G_2, \dots, G_K$ , ou seja,  $K$ -Agrupamento =  $\{G_1, G_2, \dots, G_K\}$ . As três condições a seguir devem ser verificadas:

- (1)  $G_i \neq \emptyset$ ,  $i = 1, \dots, K$  (cada um dos grupos é não-vazio)
- (2)  $\bigcup_{i=1}^K G_i = X$  (a união de todos os grupos recompõe o conjunto  $X$  original)
- (3)  $G_i \cap G_j = \emptyset$ ,  $i \neq j$  e  $i, j = 1, \dots, K$  (os grupos são dois-a-dois disjuntos)

Assume-se que os padrões que pertencem a cada um dos grupos  $G_i$  ( $1 \leq i \leq K$ ), quando comparados entre si, são “mais semelhantes” do que quando comparados com padrões que pertencem a um outro grupo, que não o  $G_i$  [Jain *et al.* 1999]. O conceito de similaridade adotado para a implementação de algoritmos de agrupamento desempenha um papel altamente relevante no resultado obtido. Uma maneira de implementar o conceito de similaridade é por meio do uso de uma medida de distância definida no espaço de atributos (que descrevem os padrões); dois padrões  $P_i$  e  $P_j$  são considerados similares se estiverem 'perto' um do outro, em que 'estar perto' precisa também ser quantificado. Na presente etapa do projeto o 'estar perto' é quantificado por meio de uma medida de distância, no caso, a distância euclidiana.

Seja um espaço  $M$ -dimensional definido por  $M$  atributos (de dados) e dois padrões desse espaço,  $P_i$  e  $P_j$ , representados por  $P_i = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{iM})$  e  $P_j = (P_{j1}, P_{j2}, \dots,$

$P_{jM}$ ) respectivamente. A distância euclidiana entre os dois padrões,  $P_i$  e  $P_j$ , é calculada pela Eq. (1).

$$d(P_i, P_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^M (P_{ik} - P_{jk})^2} \quad (1)$$

Considere novamente o conjunto de  $N$  padrões  $X = \{P_1, P_2, \dots, P_N\}$  e considere dois agrupamentos dos padrões de  $X$ , identificados por  $AG_1$  e  $AG_2$ , respectivamente. O agrupamento  $AG_1$ , contendo  $k$  grupos, está aninhado no agrupamento  $AG_2$  que contém  $r$  ( $< k$ ) grupos, (notado por  $AG_1 \langle AG_2$ ) se cada grupo em  $AG_1$  for subconjunto de um conjunto de  $AG_2$  e, pelo menos um grupo de  $AG_1$  for um subconjunto próprio de um elemento de  $AG_2$ . Seja  $X = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5\}$ . O agrupamento  $A_1 = \{\{P_1, P_3\}, \{P_4\}, \{P_2, P_5\}\}$  está aninhado em  $A_2 = \{\{P_1, P_3, P_4\}, \{P_2, P_5\}\}$ . Entretanto,  $A_1$  não está aninhado nem em  $A_3 = \{\{P_1, P_4\}, \{P_3\}, \{P_2, P_5\}\}$  ou tampouco em  $A_4 = \{\{P_1, P_2, P_4\}, \{P_3, P_5\}\}$ .

A um conjunto de  $N$  padrões  $M$ -dimensionais  $X = \{P_1, P_2, \dots, P_N\}$ , pode ser associada uma matriz de dimensão  $N \times M$ , chamada *matriz de padrões*, cuja  $i$ -ésima linha representa o  $i$ -ésimo vetor de  $X$ . Uma outra matriz associada a  $X$  é chamada de *matriz de similaridade*, notada por  $MS(X)$ , que é uma matriz  $N \times N$  em que seu elemento  $ms_{ij}$  representa a similaridade entre os padrões  $P_i$  e  $P_j$ , para  $i, j = 1, \dots, N$ .

### 3. O Esquema Aglomerativo Generalizado (EAG)

Seja o conjunto de  $N$  padrões  $M$ -dimensionais  $X = \{P_1, P_2, \dots, P_N\}$  e considere todos os possíveis subconjuntos dois-a-dois disjuntos de  $X$ ,  $SC(X) = \{G_1, G_2, \dots, G_h\}$ . Seja  $g(G_i, G_j)$  ( $i, j = 1, \dots, h$ ) uma função definida em  $SC(X) \times SC(X)$ , com valores reais, que mede a proximidade entre os subconjuntos  $G_i$  e  $G_j$  ( $i, j = 1, \dots, h$ ) e seja  $t$  o nível corrente do processo de obtenção de agrupamentos. A Figura 1 apresenta o pseudocódigo em alto nível do algoritmo EAG (em inglês *GAS – Generalized Agglomerative Scheme*), que cria uma hierarquia de  $N$  agrupamentos, de maneira que cada um está aninhado em todos os agrupamentos sucessivos ou seja,  $AG_t \langle AG_s$ , para  $t < s$ ,  $s = 1, \dots, N-1$ .

Algoritmos de AA baseados em Teoria de Matriz podem ser abordados como casos particulares do algoritmo EAG, tendo como input a matriz de dissimilaridade,  $MD_0 = MD(X)$ , construída a partir de  $X$ . Na posição  $(i, j)$  da matriz de dissimilaridade está o valor da dissimilaridade (distância euclidiana, por exemplo) entre os padrões  $P_i$  e  $P_j$  do conjunto  $X$ , para  $i, j = 1, \dots, N$ . A cada nível  $t$ , quando dois grupos são unidos em apenas um, o tamanho da matriz de dissimilaridade  $MD_t$  se torna  $(N - t) \times (N - t)$ .  $MD_t$  é construída a partir de  $MD_{t-1}$  por meio da (1) deleção das duas linhas e das duas colunas que correspondem aos grupos que foram unidos e (2) adição de uma nova linha e uma nova coluna, contendo as distâncias do novo grupo formado e os outros grupos do agrupamento. A distância entre o novo grupo formado pela união de dois grupos  $G_i$  e  $G_j$  i.e.,  $G_q = G_i \cup G_j$  e um grupo antigo  $G_s$  é uma função ( $f$ ) como representada em Eq. (2), ou seja, depende das três distâncias entre os grupos:  $G_i$  e  $G_s$ ,  $G_j$  e  $G_s$  e entre  $G_i$  e  $G_j$ . Para sua implementação é preciso primeiro fazer uma escolha de qual função utilizar para calcular a distância entre dois grupos de padrões (ver, as mais populares, em [Theodoridis & Koutroumbas 2009]).

$$d(G_q, G_s) = f(d(G_i, G_s), d(G_j, G_s), d(G_i, G_j)) \quad (2)$$

```

procedure EAG (X, AGt)
Input: X = {P1, P2, ..., PN}
Output: AGt
1. begin
2. AG0 ← {{P1}, {P2}, ..., {PN}} % agrupamento inicial
3. Nro_G ← N
4. t ← 0
5. repeat
6.   t ← t + 1
7.   entre todos os possíveis pares de grupos (Gr, Gs) em AGt-1, encontrar (Gi, Gj) tal que:
           g(Gi, Gj) =  $\begin{cases} \min_{r,s} g(G_r, G_s) & \text{se } g \text{ for função de dissimilaridade} \\ \max_{r,s} g(G_r, G_s) & \text{se } g \text{ for função de similaridade} \end{cases}$ 
8.   New_G ← Gi ∪ Gj
9.   Nro_G ← Nro_G - 1
10.  GNro_G ← New_G
11.  AGt ← (AGt-1 - {Gi, Gj}) ∪ {GNro_G}
12. until todos os padrões pertencem a um único grupo.
13. end
return AGt
end procedure

```

**Figura 1. Pseudocódigo do Esquema Aglomerativo Generalizado (EAG) de Agrupamento.**

#### 4. Comentários Finais e Próximas Etapas

Na continuação do trabalho o EAG adaptado ao uso de teoria de Matrizes será implementado e, em seguida, experimentos iniciais, envolvendo dados artificiais serão conduzidos para uma validação empírica do sistema computacional desenvolvido. Como brevemente discutido anteriormente, o cálculo da distância entre dois grupos (de um agrupamento) é crítico; a adoção de diferentes definições de distância entre grupos provoca diferentes versões do algoritmo. Na sequência de atividades serão investigadas abordagens para o cálculo da distância, particularmente: *single-link*, *complete-link*, *average* e *centroide*, procurando, sempre que possível, evidenciar vantagens e limitações no uso de cada uma delas relacionadas a determinados tipos de conjuntos de dados (que, particularmente possam ter diferentes formas de grupos e, também, diferente densidades de grupos) (ver, por exemplo, [Webb & Copsey 2011], [Witten *et al.*, 2011] e [Kuncheva 2014]). Algumas propostas evidenciadas durante o levantamento bibliográfico serão estudadas em paralelo às atividades anteriores ([Kurita 1991], [Eriksson *et al.* 2001], [Müller 2011] e [Krishnamurthy *et al.* 2012]) com vistas a ampliar o escopo de conhecimento sobre métodos de agrupamento aglomerativos. Ao final do trabalho de pesquisa o projeto contempla a disponibilização de um ambiente computacional para a experimentação dos algoritmos implementados em domínios de dados com diferentes características (volume, número, formato, densidades, etc.).

## Referências

- Duda, R. O.; Hart, P. F.; Stork, D. G. (2001) *Pattern Classification*, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Eriksson, B.; Dasarathy, G.; Singh, A.; Nowak, R. (2001) Active clustering: robust and efficient hierarchical clustering using adaptively selected similarities, In: Proceedings of the 14th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS), v. 15 of JMLR: W&CP 15, pp. 260-268.
- Jain, A.K., Dubes, R.C. (1988) *Algorithms for Clustering Data*, Prentice Hall.
- Jain, A. K., Murty, M. N. and Flynn, P. J. (1999). Data clustering: a review. *ACM Computing Surveys*, (31), n.3, pp. 264-323.
- Jain, A.K. (2010) Data clustering: 50 years beyond K-Means, *Pattern Recognition Letters*, vol. 31, no. 8, pp. 651–666.
- Krishnamurthy, A.; Balakrishnan, S.; Xu, M.; Singh, A. (2012) Efficient active algorithms for hierarchical clustering, In: Proceedings of the 29th International Conference on Machine Learning, Scotland, UK, 2012.
- Kuncheva L. I. (2014) *Combining Pattern Classifiers, Methods and Algorithms*, 2<sup>nd</sup> ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Kurita, T. (1991) An efficient agglomerative clustering algorithm using a heap, *Pattern Recognition*, v. 24, pp. 777-783.
- Mitchell, T. M (1997) *Machine Learning*, USA: McGraw-Hill.
- Müller, D. (2011) Modern hierarchical, agglomerative clustering algorithms, arXic:1109.2378v1.
- Theodoridis, S.; Koutroumbas, K. (2009) *Pattern Recognition*, 4<sup>th</sup> ed. USA: Academic Press.
- Webb, A. R.; Copsey, K. D. (2011) *Statistical Pattern Recognition*, 3<sup>th</sup> ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Witten, I. H.; Frank E.; Hall, M. A. (2011) *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann.

# Proposta de uma Plataforma de Larga Escala para Monitoração de Pacientes

Norberto dos Santos<sup>1</sup>, Shusaburo Motoyama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Diretoria de Informática e Computação - Universidade Nove de Julho (Uninove)  
Av. Dr. Adolpho Pinto, 109 - Barra Funda - São Paulo – SP - Brasil.

<sup>2</sup>Programa de Mestrado em Ciência da Computação - Faculdade Campo Limpo Paulista  
(Faccamp)  
Rua Guatemala, 167 – Jardim América – Campo Limpo Paulista – SP - Brasil.  
norberto@uninove.br, motoyama@cc.faccamp.br

**Resumo.** A necessidade do cuidado terapêutico constante dos pacientes e a evolução da tecnologia estão possibilitando o desenvolvimento de “redes corporais de sensores sem fio” ou WBANs (*Wireless Body Sensor Networks*), para monitoração dos sinais vitais de pacientes. As WBANs permitem que os pacientes tenham continuidade do tratamento hospitalar em seus domicílios, reduzindo o risco de infecção hospitalar e outros efeitos adversos decorrentes da internação. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma plataforma de larga escala de monitoração de sensores, para atendimento de pacientes em seus domicílios, em casas de repouso e em grandes hospitais.

**Palavras chave:** WBAN, atendimento domiciliar, monitoração de larga escala, sinais vitais.

**Abstract.** The need for constant therapeutic care of patients and the technology evolution are enabling the development of wireless body sensor networks, WBANs, for vital signs monitoring of patients. The WBANs allow the patients to have continuity of treatment in their homes, reducing the risk of hospital infections and other adverse effects of hospitalization. The objective of this work is to develop a large-scale platform of sensors monitoring for application in home cares, in nursing homes and in large hospitals.

**Key word:** WBAN, home care, large-scale monitoring, vital signs.

## 1. Introdução

Os avanços tecnológicos observados recentemente, como a miniaturização dos componentes eletrônicos, o desenvolvimento de soluções em software inteligente, a evolução de sistemas embarcados de baixo consumo de energia, as melhorias em telecomunicações e em redes de computadores, estão possibilitando mudanças de paradigmas nas várias áreas de aplicação, tais como agricultura, automação industrial, controle de tráfego urbano, na área de saúde, etc. Na área de saúde, os avanços tecnológicos poderão produzir um sistema inteligente para o monitoramento de pacientes de forma continuada, um acompanhamento médico mais pontual e uma interação dinâmica através da telemedicina.

Essa evolução tecnológica, associada às antenas com irradiações de baixa potência, permitiu o desenvolvimento de uma nova concepção de arquitetura de rede designada como WBAN (*Wireless Body Area Networks*), ou redes corporais sem fio que monitoram os pacientes internados em hospitais ou em domicílio pelo uso da rede mundial de computadores, a Internet.

Uma WBAN é uma rede corporal de sensores sem fio ou dispositivos que podem ser incorporados ao redor do corpo humano ou implantados sob a pele. Os sinais vitais são coletados e utilizados para a parametrização no fornecimento de medicamentos, ou permitir monitoramento constante dos pacientes, principalmente nos casos que exijam rápida intervenção da equipe terapêutica.

As WBANs, atualmente em desenvolvimento, são baseadas no padrão IEEE 802.15.6 que utilizam as técnicas *TDMA* (*Time Division Multiple Access*) ou *polling* para o esquema de acesso e um controle centralizado. A utilização da técnica *TDMA* permite maior velocidade de acesso, e está sendo proposta para aplicações médicas e, também, para jogos com a utilização de vestimentas especiais. Para aplicações somente médicas, provavelmente, a técnica *polling* poderá ser adequada.

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma plataforma de monitoramento de pacientes de larga escala, por ex., no monitoramento de todos os pacientes de uma casa de repouso ou de um hospital. Como as técnicas de acesso baseados em *TDMA* e *polling* não permitem uma facilidade de expansão, pois aumentando o número de sensores, aumentam-se proporcionalmente as colisões no caso do *TDMA* e no *polling*, os ciclos de varredura podem ficar demasiadamente grandes e lentos. Nesta proposta será utilizada a técnica de compartilhamento dedicado baseado em características especiais do rádio da *Nordic* em modo *Enhanced ShockBurst™*. Neste modo mais de 300 sensores poderão ser monitorados.

Este trabalho está organizado em três seções. Na seção 2, a seguir, será feita uma revisão bibliográfica de WBANs, salientando as principais características e os principais esquemas de acesso propostos na literatura. Na última seção, será detalhada a proposta de plataforma de monitoração de pacientes de larga escala.

## 2. Características das WBANs

Nas WBANs a eficiência no consumo de energia é de extrema importância para o tempo de vida dos sensores. Neste contexto, vários critérios são propostos para minimizar o consumo de energia, como evitar colisão, diminuir o *overhearing* (escuta inútil), controle do *overhead* e *idle listening* (escuta ociosa, quando não há tráfego na rede). Nas arquiteturas de protocolos que são utilizados nas WBANs, uma das camadas de maior relevância é a *MAC* (*Medium Access Control*), pois os métodos de controle de acesso ao meio influenciam diretamente o consumo de energia dos dispositivos sensores. As técnicas de acesso *TDMA* e *Polling* são as mais utilizadas na camada *MAC* para as WBANs.

Os protocolos baseados em *TDMA* utilizam uma topologia em estrela, onde um nó central controla todas as operações do protocolo. O nó central organiza a sincronização dos quadros e faz a alocação dos canais a partir das solicitações recebidas dos sensores. O sensor por sua vez tem a função básica de solicitar o canal e proceder à transmissão quando de posse do canal e finalmente enviar a informação. Neste contexto, existe uma significativa economia de energia no momento que o sensor não está transmitindo,

porém, neste processo simples existe a necessidade de sensores ficarem “ouvindo” o meio, ou seja, seus receptores devem permanecer ligados a fim de detectar o canal livre para efetuar suas transmissões ocasionando eventualmente colisões. O fato dos transmissores ficarem ligados para “ouvir” este meio provoca um consumo de energia, tornando esta solução parcialmente satisfatória. Também nesta forma simplificada não se leva em consideração as urgências de transmissão de dados, onde os sensores devem transmitir imediatamente.

Um avanço neste contexto é à proposta de Yan e Liu (2011) que desenvolveram o *TDMA MAC*. Este protocolo trabalha com a prerrogativa de serem “sensível ao contexto”, atendendo prontamente qualquer sensor que necessite de transmitir uma intercorrência fora da sua ordem. O *TDMA MAC* utiliza um frame *beacon* (bits de sinalização) que ao receber este, irá adotar um modo de transmissão (Normal ou Intercorrência) e, poderá utilizar mais de um time *slot* para envio dos dados.

O protocolo *CA-MAC* também “sensível ao contexto” trabalha tendo um controle dinâmico do canal em caso de desvanecimento do sinal. A estrutura do quadro *MAC* é alterada dinamicamente e em combinação com a técnica *polling*, consegue gerenciar as exigências de tráfego de emergência. Outra característica é que o seu quadro está dividido em duas partes, uma parte baseada em contenção, que tem como característica lidar com a perda da informação e a outra parte, se encarrega de assegurar a transmissão de dados de forma confiável [Liu, B., Yan, Z., Chen 2011].

Zhang (2009) propôs a utilização de um canal secundário implementado no nó central com a função de enviar um sinal de *broadcast* a toda rede de sensores para a energização do rádio principal dos receptores, tornando-os aptos a receber as requisições do transmissor (nó central). Esta proposta produz uma economia de energia, pois ambos (transmissor e receptor) permanecem desligados em (modo *sleep*), aumentando significativamente a economia de energia. Entretanto, todos os sensores estariam conectados em um *broadcast*, e muitos podem não ter informação alguma para transmitir, o que acarretaria um consumo desnecessário.

O *polling* é uma técnica que evita definitivamente as colisões, porque cada sensor terá seu momento certo para fazer suas transmissões. No *polling*, o controle é centralizado, ou seja, existe um nó central que fará as requisições por dados aos nós sensores, em uma ordem previamente definida. Cada nó sensor terá sua fatia de tempo para receber a requisição e fazer a transmissão para o nó central. Um avanço proposto foi à versão *polling* flexível, onde em condições normais, o nó central realiza a coleta os dados dos sensores por *polling* normal, e nas intercorrências de urgências, muda o estado de atendimento para uma ordem prioritária de sensores. [Borges et al. 2011]

Diferente dos esquemas de acesso referenciados, uma nova proposta foi pesquisada por Chen et al. (2008) que é a utilização de canais virtuais trafegando por um único canal físico. O trabalho apresentado demonstrou a comunicação entre dispositivos de forma *stand alone*, ou seja, um nó central e um sensor apenas. Este trabalho propõe a utilização de mais sensores em sistema hierárquico do tipo árvore, onde dispositivos sensores também são utilizados como dispositivos centrais, e, com isso, um número maior de sensores poderá ser acoplado neste esquema, utilizando um número muito menor de frequências da banda ISM.

### 3. Proposta de Trabalho

A plataforma de monitoramento de pacientes proposta neste trabalho utiliza as características particulares do rádio da *Nordic* no modo *Enhanced ShockBurst™* que possibilita o compartilhamento de uma frequência com até seis transmissões simultâneas. Portanto, permite o atendimento de até seis sensores acoplados aos corpos dos pacientes, simultaneamente, utilizando a mesma frequência. Desta forma, não haverá compartilhamento do canal, como no caso do *TDMA* ou *polling*, mas um canal dedicado para cada sensor, possibilitando que o sensor possa ficar desligado e acordar somente quando há dados para transmitir, economizando energia. Além disso, não haverá colisão e nem necessitará de sincronização periódica dos sensores, como requer o esquema de acesso *TDMA*, possibilitando assim maior economia de energia dos sensores. Como o rádio da *Nordic* permite operar com ao menos 50 diferentes frequências, a plataforma que será desenvolvida poderá monitorar, no total, mais de 300 sensores. A plataforma a ser desenvolvida é mostrada na Figura 1.

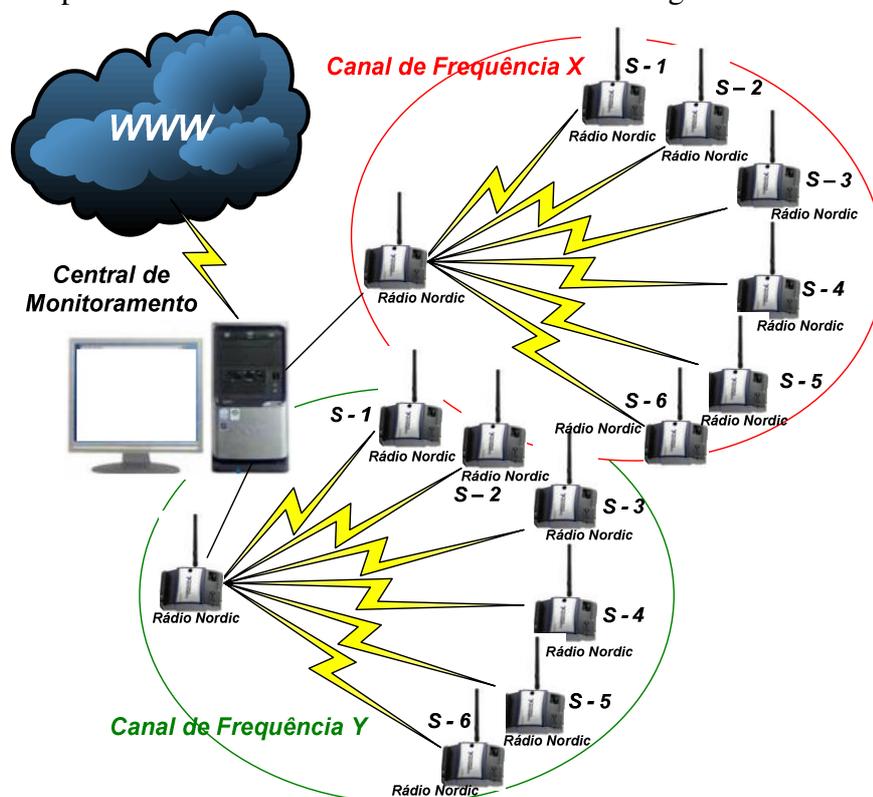


Figura 1 – Distribuição de Sensores na Configuração *ShockBurst™*

Como observado na Figura 1, o rádio da *Nordic* será utilizado tanto no transmissor como no sensor. No modo *Enhanced ShockBurst™*, o rádio da *Nordic* possibilita, além do atendimento de até seis sensores por frequência, o tratamento dos requisitos de confiabilidade pela confirmação positiva de envio (*ACK*), e, também, a retransmissão no caso de erro. Possui um *payload* configurável de até 32 bytes, e as velocidades dos links podem ser de 250 kbps, 1 Mbps ou de até 2 Mbps configurável pelo protocolo *SPI* (*Serial Peripheral Interface*) [Nordic 2012].

A central de monitoramento, mostrada na Figura 1, terá como função principal o processamento de dados recebidos dos pacientes e, posteriormente, apresentá-los à

equipe médica ou aos cuidadores responsáveis. Será utilizado como processador principal, o microcontrolador AVR da ATMEL, operando com velocidade de 16 ou 8MHz e programado em linguagem C [Atmega 2012].

Para os testes de comunicação, três sensores serão desenvolvidos com a justificativa de serem totalmente aderentes aos circuitos propostos e não necessitar de ajustes ou adaptações caso fosse utilizado similares de mercado. O primeiro é um monitor de pulsação cardíaca que é uma variante do pletismógrafo, aparelho médico este, que serve para medir as variações do volume de um órgão como resultado de flutuações rítmicas da circulação do sangue pelo corpo humano. O segundo sensor é um termómetro sem contato físico, que faz a mensuração por termográfica infravermelha, através do componente MLX90614, e finalmente, um sensor de umidade corporal. [Melexis 2013]

Para o monitoramento de uma casa de repouso, provavelmente, 300 sensores serão suficientes, mas necessitando de números maiores, mais dispositivos podem ser interligados. Assim, a plataforma proposta poderá suprir qualquer número de pacientes.

Para trabalhos futuros, algoritmos que melhorem o desempenho do conjunto deverão ser pesquisados, bem como uma unidade central de monitoramento totalmente visual e conectada à Internet.

### Referência Bibliográfica

- Atmega (2012) “Atmel 8-bits Microcontroller With 4/8/32Kbytes Programmable Flash” Acesso em 05/2015 - [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
- Borges, L.M., Velez, F.J. & Lebres, A.S., 2011. Performance Evaluation of the Schedule Channel Polling MAC Protocol applied to Health Monitoring in the Context of IEEE 802.15.4. In *Wireless Conference 2011 - Sustainable Wireless Technologies (European Wireless), 11th European*. pp. 1–8. Available at: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=5898073](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5898073).
- Chen, Z. et al., 2008. Protocol architecture for Wireless Body Area Network based on nRF24L01. *Automation and Logistics, 2008. ICAL 2008. IEEE International Conference on*, pp.3050–3054.
- Liu, B., Yan, Z., Chen, C., "CA-MAC (2011) “A Hybrid Context-aware MAC Protocol for Wireless Body Area Networks”, IEEE 13th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services
- Melexis (2013) “Data Sheet - MLX90614 family *Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-3*” Acesso em 04/2015 - [www.melexis.com](http://www.melexis.com)
- Nordic (2012) “nRF240x ShockBurst™ technology” Acesso em 04/2015: <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01>
- Yan, Z., & Liu, B. (2011) “A context aware MAC protocol for medical Wireless Body Area Network. In *Wireless Communications and Mobile Computing Conference*” IWCMC – IEEE - 7th International - pp. 2133 - 2138
- Zhang X, Jiang H, Xiankai C, Lingwei Z, Zhihuaw (2009) “An Energy Efficient Implementation of On-Demand MAC Protocol in Medical Wireless Body Sensor Networks” *Circuits and Systems, 2009. ISCAS 2009. IEEE International Symposium on* – p. 3094 – 3097

# Interface para Busca Semântica: Um Estudo sobre o Estado da Arte

Paulo R. Nietto, Rodrigo Costa Camargos

Programa de Mestrado em Ciências da Computação – Faculdade de Campo Limpo Paulista (Faccamp) – Campo Limpo Paulista, SP – Brasil

pnieetto@gmail.com, rodrigocamargos@hotmail.com

***Abstract.** Conventional searching mechanisms can present results that oppose to the meaning of sentences expressed on queries. In order to solve this divergence between the query and the result, interfaces are being implemented for semantic search. This paper focus on presenting, analyzing and discussing recent researches about Semantic Search Interfaces. In order to execute this research, scientific papers published in specific journals and conferences are used as foundations for this paper.*

***Resumo.** Os mecanismos de busca convencionais podem apresentar resultados que não condizem com o significado da sentença expressada na consulta. Para solucionar essa divergência entre a consulta e o resultado, estão sendo implementadas interfaces para a busca semântica. Este artigo tem o objetivo de apresentar, analisar e discutir as recentes pesquisas sobre o tema de Interface para Busca Semântica. Para a realização desse artigo são utilizados como base, artigos científicos publicados em revistas e conferências.*

## 1. Introdução

As consultas nos mecanismos de busca convencionais podem retornar resultados que não condizem com o significado ou intenção da pesquisa, uma vez que mais de uma palavra-chave pode fazer parte da mesma sentença, mas com semântica diferente. A busca semântica tenta solucionar esse problema, disponibilizando um conteúdo mais ajustado e possibilitando buscas mais complexas.

A busca semântica é a forma de se consultar objetos em uma base de conhecimento e obter como resultado vários atributos e conceitos relacionados que são interligados. Essa técnica permite explorar melhor o significado e intenção do que está sendo consultado.

A ontologia é uma técnica de organização de informações e representação de conceitos dentro de um domínio, que tem como propósito permitir o compartilhamento e reutilização do conhecimento. A estrutura da ontologia é baseada na descrição dos conceitos e relacionamentos semânticos entre eles.

As interfaces de busca semântica são construídas utilizando diversas técnicas, dentre elas estão as que implementam linguagem natural, busca em grafos, uma linguagem formal própria ou uma linguagem formal já estabelecida, como a OWL ou SPARQL.

Este artigo apresenta algumas das recentes pesquisas sobre as interfaces de busca semântica, apresentando seus objetivos e resultados. Também são discutidas as limitações das pesquisas que podem ser futuramente exploradas.

Para a realização desse artigo foram pesquisados diversos artigos sobre interface de busca semântica em revistas científicas e conferências, considerando as diversas áreas de pesquisas que são implementadas nas interfaces, a contribuição do artigo e ano de publicação.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: A metodologia utilizada para a realização desse artigo é descrita na Seção 2. Na Seção 3 são apresentados algumas das recentes pesquisas sobre interface para busca semântica. Na Seção 4 são discutidos os objetivos, resultados e limitações das pesquisas apresentadas.

## 2. Metodologia

Para a realização desse artigo, foram pesquisados 22 artigos como limite máximo. O critério de escolha foi que o ano das publicações deveriam estar entre 2009 e 2014, sendo esses artigos publicados em universidades ou em revistas e conferências dos portais IEEE (2015), ACM (2015), Springer (2015) e ScienceDirect (2015). Os 4 portais foram selecionados por apresentarem grande parte das mais recentes pesquisas sobre o assunto de interface de busca semântica. As palavras-chave utilizadas foram *semantic search*, *semantic web*, *ontology* e *semantic interface*.

Dos 22 artigos pesquisados, 8 foram selecionados utilizando como critério primeiramente as métricas utilizadas nas pesquisas, em segundo lugar a variação de assunto, para que não sejam todos os artigos sobre o mesmo foco de pesquisa em busca semântica (ex. todos artigos sobre busca semântica utilizando busca em linguagem natural), e por último a data de publicação. Os detalhes dos artigos selecionados são descritos na próxima seção.

## 3. Visão Geral dos Artigos Recentes

Nessa seção são apresentados os objetivos, métodos utilizados para a realização das pesquisas, resultados e limitações de 8 artigos que pesquisam sobre as diversas áreas dos tipos de interface para busca semântica. Os resultados sobre cada objetivo e as limitações encontradas em cada artigo possuem foco principalmente na usabilidade, interface amigável ao usuário e experiência obtida pelos usuários.

O artigo de Price et al. (2009) realiza uma comparação entre um sistema que utiliza indexação de palavras-chave e textos inteiros, chamado de sistema 1, com um sistema que utiliza componentes semânticos junto com a forma de indexação existente, chamado de sistema 2. O estudo envolveu usuários e documentos do portal nacional de saúde dinamarquês (*sundhed.dk*). Essa pesquisa tem como objetivo verificar se componentes semânticos melhoram a precisão das buscas na perspectiva do sistema e se na perspectiva dos usuários, a utilização de componentes semânticos em um sistema de busca resulta em uma experiência mais agradável.

Para a realização da pesquisa, Price et al. (2009), utilizou 24712 documentos copiados do portal *sundhed.dk*, o mecanismo de busca Ultraseek na versão 5.6 (o mesmo mecanismo de busca do portal *sundhed.dk*), tanto para sistema 1 quanto para o

sistema 2. Também foram convidados 30 médicos que utilizam constantemente o portal *sundhed.dk*. A interface de busca para o sistema 1, utiliza campos semelhantes aos utilizados no portal *sundhed.dk*, enquanto a interface utilizada no sistema 2 utiliza todos os campos do sistema 1 junto a campos específicos para a busca usando componentes semânticos. Para o sistema 2, não é necessária a utilização dos campos específicos para a busca semântica, pois nos resultados estão inclusas informações sobre os componentes semânticos independente do fato de utilizá-los. Para a classificação dos componentes semânticos, foram consultados funcionários da *sundhed.dk* envolvidos no processo de indexação que mantém contato constante com o usuário. Foram desenvolvidos 4 cenários baseados na área médica para que os usuários façam buscas de documentos.

Os resultados obtidos no artigo de Price et al. (2009) foram que de 60 consultas realizadas em cada sistema, o sistema 1 resultou em 45 buscas bem-sucedidas enquanto o sistema 2 resultou em 48 buscas bem-sucedidas na opinião dos usuários. A média de tempo gasto na busca de documentos utilizando o sistema 2 foi de 1 minuto e 22 segundos a mais que no sistema 1. Sendo 1 = muito satisfeito; e 5 = muito insatisfeito, a média da satisfação dos usuários em relação aos resultados das buscas foi de 2.3 no sistema 2 e 2.1 no sistema 1. A média da facilidade de expressar a intenção da pesquisa no sistema 2 foi de 2.1 e 2.0 no sistema 1. As limitações encontradas na pesquisa foram que nem todos usuários utilizaram os campos específicos para a utilização dos componentes semânticos, os usuários que participaram do experimento já conheciam o sistema 1 e são de uma mesma categoria (médicos), dificultando a medida precisa de tempo gasto e a variação de opiniões.

Outro artigo selecionado é o de Lee et al. (2012), que propõe um método de pesquisa semântica que se baseia em recuperar todos os conceitos que estão relacionados a determinada palavra-chave mesmo que a palavra-chave não apareça no documento, ou seja, localiza resultados relevantes que são relacionados semanticamente à consulta efetuada pelo usuário. Os resultados das buscas são ordenados pelos pesos das propriedades e recursos que são baseados em especificidade e generalidade. Para que seja possível a busca entre os conceitos relacionados é utilizada uma ontologia que produz as descrições dos conceitos e seus relacionamentos.

O método utilizado por Lee et al. (2012), para a realização de sua pesquisa foi a construção de uma ontologia de domínio de eletrônicos, que utilizou as informações que foram publicadas em diferentes fontes de dados coreanos, extraindo conceitos como título, autor, palavras-chave, URL e data de publicação. Foram aplicados e normalizados os pesos de generalidade e especificidade na base de conhecimento utilizando a linguagem OWL (*Web Ontology Language*) e o algoritmo de busca utilizado foi o de ativação e propagação (*spreading activation algorithm*). Para a redução do tempo de pesquisa, os pesos, propriedades e instâncias são calculadas durante o pré-processamento. Para a avaliação do experimento, foi comparado o mecanismo de busca proposto com as metodologias SemRank e RSS. Também foram convidadas 10 pessoas que possuem o título de doutor ou mestre, com especialidade em web semântica ou engenharia de ontologias.

A pesquisa de Lee et al. (2012), apresentou como resultado a média da comparação dos resultados da busca com base na intenção do usuário, os valores de 0.60 para o sistema utilizando o peso de especificidade, 0.67 para o sistema utilizando o peso

de generalidade, 0.65 para o sistema RSS e 0.61 para o sistema SemRank, sendo o valor 0 como muito irrelevante e 1 como muito relevante. As limitações encontradas foram que poucos cenários são utilizados para a comparação entre as metodologias, o domínio utilizado para a base de conhecimento é muito limitado e a quantidade de pessoas no experimento é pequena e específica.

O terceiro artigo selecionado é realizado por Tablan et al. (2014), que apresenta um framework para busca semântica chamado Mimir, criado para tarefas de descoberta de informação, que suporta tanto estruturas de consulta complexa utilizando operadores, como busca por palavra-chave através de tokens. O foco do artigo é apresentar o framework Mimir, testar seu desempenho e avaliar a usabilidade com base nos usuários.

Para a realização de sua pesquisa, Tablan et al. (2014) utilizou o framework Mimir, a linguagem de consulta SPARQL, 9.5 milhões de documentos dos repositórios semânticos da GeoNames e DBpedia, especialistas em imunologia treinados no uso do framework para avaliar as pesquisas semânticas complexas e 23 participantes que participaram do workshop sobre Mimir para avaliar sua usabilidade e interface.

Tablan et al. (2014), obteve como resultado que somente 13 dos 23 usuários concluíram as 4 consultas no tempo estabelecido de 30 minutos. Entre os resultados obtidos da consulta com palavras-chave e busca semântica, os usuários preferiram os resultados apresentados pela busca semântica. Como avaliação da interface de busca semântica, 56.3% dos usuários ficaram satisfeitos com a usabilidade, 87% dos usuários reprovaram a complexidade da interface e 93,75% dos usuários aprenderam a utilizar o sistema em 10 minutos, sem a necessidade de mais tempo de aprendizado. As limitações encontradas são que não foram comparados os resultados com nenhum sistema semelhante (como o Broccoli ou o KIM), a quantidade de consultas é pequena, dificultando a comparação por parte dos usuários entre a busca por palavra-chave com a busca semântica, a quantidade de usuários que testaram o sistema é pequena e não é possível estimar precisamente o tempo que os usuários gastam nas buscas, pois é somente estimado um tempo máximo.

A quarta pesquisa selecionada é realizada por Kaufmann e Bernstein (2010), que apresenta um comparativo da usabilidade sob perspectiva de usuários casuais e ocasionais entre as interfaces de linguagem natural de consulta com uma interface de linguagem de consulta formal. Essa pesquisa investiga o quanto são utilizáveis as linguagens de consulta natural para encontrar dados em bases de conhecimento de Web Semântica.

Para a realização da pesquisa, Kaufmann e Bernstein (2010) usaram as interfaces de consulta Ginseng, NLP-Reduce e a Querix, que utilizam linguagem natural e a Semantic Crystal, que utiliza linguagem formal. Para analisar a usabilidade foram convidadas 48 pessoas de diversas áreas, que formularam 4 questões a serem consultadas em uma base de conhecimento de informações geográficas e responderam ao questionário escala de usabilidade do sistema (SUS – System Usability Scale).

A pesquisa de Kaufmann e Bernstein (2010) obteve o resultado da média do tempo gasto pelos usuários nas consultas, sendo o NLP-Reduce com 2,39 minutos, o Querix com 4,11 minutos, o Ginseng com 6,06 minutos e Semantic Crystal com 9,43 minutos. A quantidade de consultas para encontrar as respostas das 4 questões para o

NLP-Reduce foi de 7.94, para o Querix foi de 7.75, para Ginseng foi de 11.06 e para o Semantic Crystal foi de 7.02. O questionário de escala de usabilidade do sistema (SUS) resultou em 66.67% dos usuários preferiram a interface do Querix e 60,42% dos usuários não gostaram da interface do Semantic Crystal. As limitações encontradas são que somente uma linguagem de consulta formal foi utilizada contra três linguagens de consulta natural, a quantidade dos tipos de consulta e o domínio utilizado impede uma análise mais detalhada de qual ferramenta é melhor para o uso.

O quinto artigo selecionado foi realizado por Hahn e Diaz (2013), onde é apresentada a ferramenta de busca de interface semântica Deneb 1.0, que fornece recomendações de assuntos com base na informação total contida nos metadados desse assunto. Nesse artigo é modelado uma nova interface de apresentação de resultados obtidos das pesquisas, chamado de Deneb 2.0, com base nas preferências dos usuários.

Para a realização da pesquisa, Hahn e Diaz (2013), convidaram 8 usuários estudantes da universidade de Ilinóis para avaliação da interface do resultado das buscas, a ferramenta Deneb na versão 1.0, a base de dados da universidade de Ilinóis e o framework Bootstrap para a criação da interface do Deneb 2.0.

A pesquisa de Hahn e Diaz (2013) obteve como resultado da avaliação dos usuários sob a interface dos resultados das pesquisas utilizando o Deneb 1.0, que não estava clara a diferença entre os títulos e as sugestões dos assuntos nos resultados obtidos, a lista de recomendações exibida nos resultados é útil, mas nem sempre condiz com a intenção da pesquisa, os resultados por título não resultam em uma lista de títulos similar e não possui uma breve descrição sobre do que se trata. A partir das informações qualitativas fornecidas pelos usuários foi construído o Deneb 2.0. Essa pesquisa teve como limitação a pequena quantidade de usuários utilizados no experimento e a falta de outra ferramenta para comparação da interface de resultados e resultados obtidos nas buscas.

O sexto artigo é a pesquisa de Styperek et al. (2014), que apresenta um mecanismo de busca semântica (SSE), que fornece aos usuários um construtor de consultas em grafos. Nesse artigo é realizada uma comparação com outras ferramentas de pesquisa que utilizam linguagem natural, formal ou palavra-chave para descobrir quais apresentam as melhores respostas. A pesquisa também compara os sistemas de busca baseados em grafos para descobrir quais possuem interface para formulação de consulta mais amigável aos usuários.

A pesquisa de Styperek et al. (2014), utilizou na base de conhecimento da DBPedia as ferramentas SSE, GoR e NAGA de busca semântica baseada em grafos e o PowerAqua de linguagem natural. Também foi utilizado o Google utilizando linguagem natural e palavra-chave. Para avaliar qual interface é mais amigável aos usuários, foi utilizado como medida, quanto menor quantidade de elementos para construção da consulta, mais amigável é a interface.

Styperek et al. (2014), obteve como resultado da avaliação de qual interface de formulação de consultas é mais amigável aos usuários, sendo em primeiro lugar a ferramenta SSE, que utilizou a média de 2,786 palavras por consulta, em segundo lugar ficou a ferramenta Naga, com média de 5,714 palavras por consulta e em terceiro lugar a ferramenta GoR, que utilizou uma média de 5,714 palavras com consulta. As limitações

encontradas no artigo foram que nenhuma das interfaces de busca utilizando linguagem natural foi avaliada para verificar se possuem interface de formulação de consultas amigável aos usuários e não utilizaram como critério a opinião de usuários.

A sétima pesquisa, realizada por Dos Reis et al. (2013), efetuou uma comparação entre o mecanismo de busca ISM (*inclusive search mechanism*), com um mecanismo de busca sintático. O estudo envolveu usuários que utilizaram os dois mecanismos e o sistema VilanaRede. O foco do artigo é a produção de mecanismos de busca que possam ser utilizados por pessoas que possuem pouca proficiência com tecnologia.

Para a realização da pesquisa, Dos Reis et al. (2013) utilizou o sistema VilanaRede, o método de análise semântica (SAM), para extração e representação de significados em um modelo semântico, a ferramenta SONAR para a construção de diagramas a partir de outro diagrama, o mecanismo de busca ISM, o mecanismo de busca sintático e foram convidados 25 usuários para realizar buscas nos dois mecanismos, onde 16 usuários já conheciam o sistema VilanaRede e 9 não conheciam. Os usuários foram divididos em 5 grupos e para cada grupo foram elaborados 3 cenários de busca específicos.

Os resultados obtidos por Dos Reis et al. (2013) foram que, segundo usuários, o sistema ISM apresentou a maior quantidade de resultados e mais resultados relevantes. Tanto o sistema ISM quanto o sistema de busca sintático necessitaram de mais de uma tentativa para obter o resultado desejado, porém, o mecanismo ISM obteve uma leve vantagem a partir da segunda tentativa. As limitações encontradas no artigo foi que o domínio e quantidade de cenários para as buscas são pequenos e somente um mecanismo foi comparado ao mecanismo ISM.

O oitavo e último artigo analisado foi realizado por Batzios e Mitkas (2012), que apresenta um protótipo de um mecanismo de busca semântica chamado de WebOWL, que possui dois tipos de interface, uma utilizando consultas OWL e outra possui linguagem formal para a consulta. O foco do WebOWL é identificar e propor soluções dos maiores desafios das tecnologias de busca em dados semânticos. Esses desafios vão desde as técnicas de rastreamento, indexação, classificação e consultas até questões relacionadas aos usuários, como as interfaces de usuário.

Para a realização da pesquisa, Batzios e Mitkas (2012) utilizaram a base de dados db4OWL0, um rastreador que reconhece ontologias disponíveis na Web chamado BioCrawler, o mecanismo WebOWL e consultas de usuário nas classes de animais herbívoros na ontologia pessoas+animais de estimação.

As limitações encontradas no artigo de Batzios e Mitkas (2012) foram que a interface de consulta que utiliza linguagem formal, que é descrita pelos autores como mais amigável ao usuário, não foi testada por usuários comuns e apresenta somente um resultado em cada consulta, enquanto a interface que utiliza consultas OWL pode apresentar diversos resultados. Também não foram comparados outros mecanismos de busca para medir o desempenho do WebOWL.

#### **4. Discussões sobre os Artigos Analisados e Trabalhos Futuros**

Os artigos analisados apresentaram diversos resultados e limitações que nessa seção são discutidos levando em consideração a proposta dos mecanismos de busca dos artigos

apresentados. Na tabela 1 são apresentados de forma simplificada uma meta-análise dos objetivos, resultados e limitações das pesquisas analisadas.

**Tabela 1. Objetivos, resultados e limitações gerais das pesquisas**

<b>Objetivo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Limitações</b>
Satisfação dos usuários em relação aos resultados das buscas.	Os resultados sugerem que 60% dos usuários experientes em buscas por palavra-chave mostram menos satisfação às buscas semânticas.  85% dos usuários que utilizam com pouca frequência os mecanismos de busca preferem a busca semântica.	Não foram todos usuários experientes que utilizaram os campos específicos da busca semântica.  Utilizar usuários de uma única categoria dificulta a variação opiniões.  Os domínios utilizados nas bases de conhecimento são limitados.
Aumentar a precisão da busca utilizando como base a intenção do usuário.	74% de resultados relevantes é obtido utilizando os mecanismos de busca semântica.  38% de resultados relevantes é obtido utilizando os mecanismos de busca sintático.	Poucos cenários são utilizados para comparar os mecanismos de busca.  A quantidade de pessoas nos experimentos, de forma geral, é pequena.
Facilidade em expressar a pesquisa.	87% dos usuários experientes em buscas sintáticas mostram mais dificuldade nas buscas semânticas.  96% dos usuários que utilizam menos os mecanismos de busca preferiram a busca semântica.	

As pesquisas realizadas demonstram que cada sistema analisado opera com ontologias diferentes, onde essas ontologias possuem variação de dimensão e complexidade. Os artigos sugerem que no momento da indexação, a dificuldade em classificar as ontologias é similar à classificação de bases de dados que utilizam palavra-chave, no entanto, a quantidade de bases de dados que utilizam ontologia é muito menor do que a quantidade de bases de dados que utilizam palavra-chave.

Para as consultas realizadas em cada pesquisa, é subjetivo afirmar que os resultados apresentados estão corretos ou errados, que a quantidade de resultados apresentados é suficiente ou insuficiente ou que a quantidade de tentativas para se obter o resultado desejado é aceitável. Todos esses fatores estão fortemente relacionados aos conceitos e intenções utilizadas nas pesquisas, consultas e em alguns casos, os resultados apresentados são exibidos com base na proposta do mecanismo de busca.

Os artigos sugerem que alguns dos maiores desafios das interfaces dos mecanismos de busca semântica são mensurar sua usabilidade, realizar os experimentos com um número grande de pessoas e tornar a interface de usuário mais simples e intuitiva. Os resultados obtidos pelos artigos analisados demonstram que a busca semântica é um campo que possui futuro promissor e ainda pode ser muito explorado.

Para trabalhos futuros, serão estudadas novas pesquisas relacionadas a interfaces para busca semântica, para que seja possível futuramente se aprofundar mais ao tema e efetuar uma contribuição científica.

## 5. Referências

- ACM (2015). Disponível em< <https://www.acm.org> >. Acessado em 17 de abril de 2015.
- Batzios, A., and Mitkas, P. a. (2012). “WebOWL: A Semantic Web search engine development experiment”. In *Expert Systems with Applications*, 39, pages 5052–5060. Elsevier.
- Dos Reis, J. C., Bonacin, R., and Baranauskas, M. C. C. (2013). “Addressing universal access in social networks: an inclusive search mechanism”. *Universal Access in the Information Society*, pages 1–21. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Hahn, J., and Diaz, C. (2013). “Formative Evaluation of Near-Semantic Search Interfaces”. *Internet Reference Services Quarterly*, 18, pages 175–188. University of Iowa Libraries Staff Publications.
- IEEE (2015). Disponível em< <https://www.ieee.org/index.html> >. Acessado em 16 de abril de 2015.
- Kaufmann, E., and Bernstein, A. (2010). “Evaluating the usability of natural language query languages and interfaces to Semantic Web knowledge bases”. *Journal of Web Semantics*, 8, pages 377–393. Elsevier.
- Lee, M., Kim, W., and Park, S. (2012). “Searching and ranking method of relevant resources by user intention on the Semantic Web”. *Expert Systems with Applications*, 39, pages 4111–4121. Elsevier.
- Price, S. L., Lykke Nielsen, M., Delcambre, L. M. L., Vedsted, P., and Steinhauer, J. (2009). “Using semantic components to search for domain-specific documents: An evaluation from the system perspective and the user perspective”. *Information Systems*, 34, pages 778–806. Elsevier.
- ScienceDirect (2015). Disponível em< <http://www.sciencedirect.com> >. Acessado em 16 de abril de 2015.
- Springer (2015). Disponível em< <http://www.springer.com> >. Acessado em 17 de abril de 2015.
- Styperek, A., Ciesielczyk, M., and Szwabe, A. (2014). “Semantic search engine with an intuitive user interface”, *23rd international conference on World wide web companion*, pages 383–384. ACM Digital Library.
- Tablan, V., Bontcheva, K., Roberts, I., and Cunningham, H. (2014). “Mimir: An open-source semantic search framework for interactive information seeking and discovery”. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 30, pages 52–68. Elsevier.

# **Sistema de Ponto Eletrônico Digital: projeto e implementação de hardware e software para um sistema embarcado de coleta de dados e conexão Web com uma aplicação para administração das informações**

**André Devecchi**

Bacharelado em Ciência da Computação – Faculdade Campo Limpo Paulista  
(FACCAMP)

Rua Guatemala, 167 – Campo Limpo Paulista – SP – 13232-230 – Brasil

andre.devecchi@gmail.com

***Abstract.** This article describes the design and implementation of a Digital Time Clock System prototype, including the device hardware and software, recording and management software to collect information and Web communication among system elements. The analysis of cost of the prototype developed suggests the commercial viability of the proposed System.*

***Resumo.** Este artigo descreve o projeto e a implementação de um protótipo de um Sistema de Ponto Eletrônico Digital, englobando hardware e software do dispositivo de coleta de informações, software para registro e administração das informações coletadas e comunicação Web entre as partes do Sistema. A análise de custo do protótipo desenvolvido sugere a viabilidade comercial do Sistema proposto.*

## **1. Introdução**

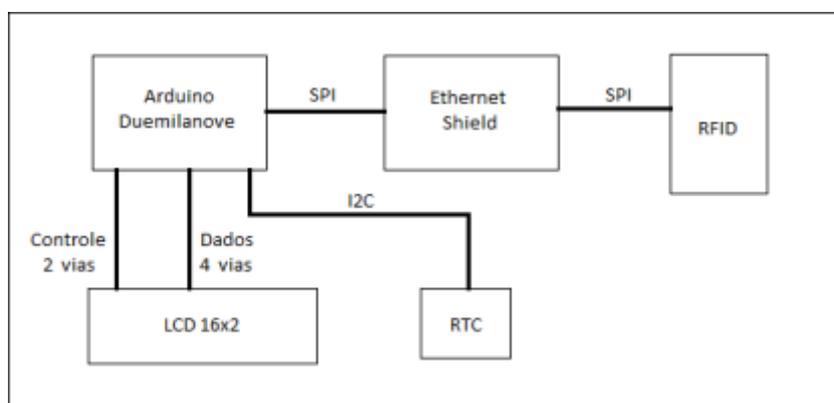
Este artigo descreve um trabalho de conclusão de curso de graduação que objetivou o desenvolvimento de um Sistema de Ponto Eletrônico Digital englobando o projeto e implementação de um Sistema Embarcado para coleta do ponto e também uma Aplicação Web para registro e administração das informações do sistema. As motivações para o trabalho realizado foram: (1) demonstrar a conectividade e integração do dispositivo a uma Aplicação Web para persistir os registros em Base de Dados; (2) o interesse pelo estudo da conexão de dispositivos do nosso dia-a-dia ou de dispositivos de aplicações específicas se conectando através da Internet, algo que tem sido descrito como Internet das Coisas (em Inglês, *Internet of Things – IoT*) (IoT, 2015). O sistema desenvolvido é composto por duas partes:

- Sistema Embarcado: que provê periféricos de interface para usuários, permitindo a identificação de funcionários (entrada) bem como visualização (saída) dos dados identificados pelo Sistema.
- Aplicação Web: que provê a base de dados e interface para visualização dos dados enviados pelo Sistema Embarcado.

Este artigo está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 descreve o projeto e a implementação geral do Sistema, englobando o hardware e o software do Sistema Embarcado e a Aplicação Web desenvolvida. A Seção 3 ilustra o funcionamento do Sistema e a Seção 4 apresenta as Considerações finais.

## 2. Projeto e Implementação do Sistema Embarcado e da Aplicação Web

O Sistema Embarcado é um protótipo que utiliza uma plataforma de hardware aberto composta pelo Arduino Duemilanove (Arduino, 2015), Arduino *Ethernet Shield* (*Ethernet Shield*, 2015), RFID-RC522 *Breakout* (RFID-RC522, 2015), RTC DS1307 *Breakout* (RTC DS1307, 2015) e Módulo de *Display* de Cristal Líquido (LCD 16x2, 2015). A Figura 1 apresenta o diagrama de blocos do sistema embarcado e a Figura 2 apresenta uma imagem do protótipo montado.



**Figura 1. Diagrama de blocos do Sistema Embarcado.**

Na Figura 1 pode-se observar que a comunicação entre o Arduino Duemilanove com *Ethernet Shield* e RFID são feitas pelo protocolo de comunicação serial síncrona SPI (*Serial Peripheral Interface*). Já a comunicação com o RTC (*Real Time Clock*) utiliza o protocolo de comunicação serial síncrona I2C (*Inter-Integrated Circuit*). A comunicação com o LDC (*Liquid Crystal Display*) utiliza 2 vias para controle sendo uma para habilitar o LCD e a outra para selecionar o envio de comandos ou dados, e 4 vias de comunicação sendo que o *byte* (8 *bits*) é dividido em 2 *nibbles* e o *nibble* mais significativo é enviado primeiro seguido do *nibble* menos significativo.



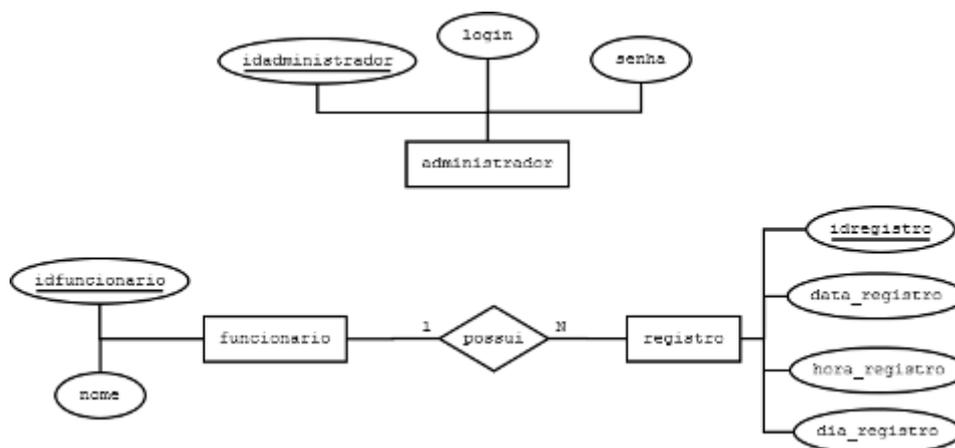
**Figura 2. Protótipo do Sistema Embarcado montado.**

A comunicação entre o Sistema Embarcado e a Aplicação Web, que executa em um Servidor Apache (Apache, 2015), está ilustrada na Figura 3. A comunicação é iniciada quando é feita a leitura da *tag* do funcionário, onde é obtido o UID (*User Identification Data*) da *tag* junto com a hora e dia para criar uma *string* no formato de URL (*Uniform Resource Location*) para ser enviada uma solicitação pelo método POST ao Servidor Apache, que responde retornando o nome do funcionário para o dispositivo.



**Figura 3. Comunicação entre o Sistema Embarcado e Aplicação Web.**

A arquitetura da Aplicação Web está sintetizada na Figura 4. Ela é representada por uma entidade “administrador”, que tem permissão de acesso aos registros dos horários e pela entidade “funcionario”, que se relaciona com a entidade “registro”, que representa os dados coletados dos funcionários no Sistema Embarcado.



**Figura 4. Diagrama Entidade Relacionamento da Aplicação Web.**

### 3. O Sistema de Ponto Eletrônico Digital em Funcionamento

A Figura 5 apresenta o protótipo do Sistema Embarcado realizando a leitura da *tag* de identificação de um funcionário e tendo como resposta da Aplicação Web o nome do funcionário e uma saudação de boa noite. A Figura 6 apresenta uma tela da Aplicação Web com registros de horários de um funcionário, armazenados pelo Sistema.



Figura 5. Protótipo do Sistema Embarcado realizando a leitura da *tag* de identificação.

Data	Hora	Dia
15/06/2015	18:48:25	Sep
15/06/2015	18:42:51	Sep
15/06/2015	17:53:18	Sen
15/06/2015	17:34:31	Sep
15/06/2015	17:39:54	Sep

Figura 6. Registros de horários de um funcionário armazenados pelo Sistema.

#### 4. Considerações finais

O desenvolvimento do protótipo para teste teve um custo de R\$ 248,18. A sua viabilidade de ser um produto para o mercado é grande, mas para isso, é necessário adicionar outros recursos ao protótipo, como cartão de memória para armazenar os registros localmente caso ocorra falha na conexão Internet, bateria para manter o funcionamento na falta de energia elétrica e uma impressora para emitir comprovante de entrada/saída para o funcionário, considerando o que a legislação vigente determina. Como um comparativo de custo, um Ponto Eletrônico da Henry (Henry, 2015) modelo REP Prisma Super Fácil – R02 tem um custo de R\$ 1.599,00, um Ponto Eletrônico da Dimep (Dimep, 2015) modelo Miniprint tem um custo de R\$ 1.969,00. O protótipo pode oferecer uma solução personalizada a um custo menor aos produtos citados para empresas de menor porte.

#### Referências

Apache (2015). [on-line] Site oficial do Servidor Web Apache disponível em: <http://httpd.apache.org/>. Acessado em 21 de Junho de 2015.

Arduino (2015). [on-line] Site oficial do Arduino disponível em: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDuemilanove/>. Acessado em 21 de Junho de 2015.

Dimep (2015). [on-line] Site oficial da empresa de Ponto Eletrônico Dimep disponível em: <http://www.dimep.com.br>. Acessado em 21 de Junho de 2015.

*Ethernet Shield* (2015). [on-line] Site oficial do Arduino disponível em: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield/>. Acessado em 21 de Junho de 2015.

Henry (2015). [on-line] Site oficial da empresa de Ponto Eletrônico Henry disponível em: <http://www.henry.com.br>. Acessado em 21 de Junho de 2015.

IoT (2015). [on-line] Site sobre Internet das Coisas disponível em: <http://www.internet-of-things.eu/>. Acessado em 21 de Junho de 2015.

LCD 16x2 (2015). [on-line] Site oficial do Arduino disponível em: <http://www.arduino.cc/en/Tutorial/LiquidDispaly>. Acessado em 21 de Junho de 2015.

RFID-RC522 (2015). [on-line] Site oficial do Arduino disponível em: <http://playground.arduino.cc/Learning/MFRC522/>. Acessado em 21 de Junho de 2015.

RTC DS1307 (2015). [on-line] Site oficial do Arduino disponível em: <http://playground.arduino.cc/code/time/>. Acessado em 21 de Junho de 2015.

# Abd1: uma linguagem de paradigma lógico projetada especificamente para a programação de raciocínios abduativos

Carlos Eduardo A. Oliveira, Osvaldo Luiz de Oliveira

Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)  
Rua Guatemala, 167, Jardim América – Campo Limpo Paulista – SP – Brasil  
carlos.br@gmail.com, osvaldo@faccamp.br

***Abstract.** Abduction in logic programming is a powerful technique to solve a range of problems in AI (Artificial Intelligence). However, existing approaches make use of general purpose logic programming systems and, as a result, require extensive knowledge of these systems by a programmer. This article proposes a language addressed to non-specialists in logic programming, designed for abductive reasoning programming.*

***Resumo.** Abdução em programação lógica é uma técnica poderosa para resolver muitos problemas em IA (Inteligência Artificial). Entretanto, as abordagens existentes estão formuladas sobre sistemas de programação lógica que servem a diferentes propósitos e, com isto, requerem do programador vasto conhecimento destes sistemas. Este trabalho propõe uma linguagem projetada para a programação de raciocínios abduativos, dirigida a não especialistas em programação lógica.*

## 1. Introdução

Racocínios abduativos formulam possíveis hipóteses para explicar fatos observados tendo como fundamento uma teoria (Aliseda, 2006). Em Computação, a abdução em programação lógica tem se revelado uma poderosa técnica para resolver uma variedade de problemas em IA incluindo, entre outros, problemas de diagnóstico, entendimento de linguagem natural, planejamento e formulação de argumentos (Denecker & Kakas, 2000). Se por um lado é inquestionável a utilidade da abdução na modelagem da solução de problemas, por outro lado a programação destas soluções é difícil e demanda do programador conhecimentos profundos de lógica, linguagens de programação lógica e de mecanismos de resolução sistemas lógicos. O problema fundamental com as abordagens existentes é que elas estão formuladas sobre sistemas de programação lógica que servem a diferentes propósitos, não só para programar raciocínio abduativo (e.g., Christiansen, 2009 e Kakas, Michael & Mourlas, 2000). Este trabalho de dissertação de mestrado, em elaboração, propõe o desenvolvimento de uma linguagem de programação específica para a programação de raciocínios abduativos, que não demanda do programador conhecimentos de mecanismos de resolução de sistemas lógicos e conhecimentos linguísticos além dos associados à descrição de raciocínios abduativos. Esta Linguagem, Abd1, está sendo desenvolvida originalmente baseada em Lógica Proposicional e é descrita neste artigo.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta uma visão geral da Linguagem Abd1. A Seção 3 discute, a título de exemplo, um

programa em Abd1, escrito para modelar raciocínios abduativos sobre um circuito elétrico. A Seção 4 finaliza o artigo com considerações sobre o possível uso da Abd1.

## 2. Visão Geral da Linguagem Abd1

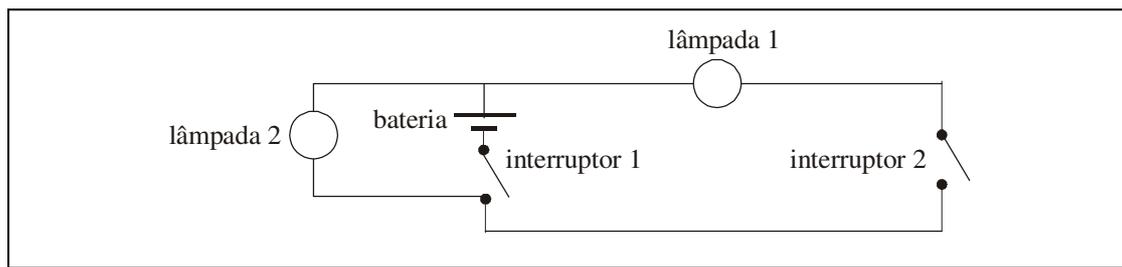
O projeto da Linguagem Abd1 é motivado pela estrutura de raciocínio TCHF, proposta em Rodrigues, Oliveira & Oliveira (2014). Esta estrutura define um sistema de raciocínio em que sentenças lógicas são descritas por meio de conjuntos Teoria (T), Condições (C), Hipóteses (H) e Fatos (F). Realizar um raciocínio abduativo no sistema TCHF é calcular um conjunto de hipóteses H que, juntamente com os conjuntos teoria T e condições C explicam um conjunto de Fatos F. A definição formal do sistema de raciocínio TCHF pode ser encontrada em Rodrigues, Oliveira & Oliveira (2014).

Um programa descrito na Linguagem Abd1 é composto por teorias, condições e fatos. Teorias descrevem conhecimentos sobre um assunto. Na Linguagem Abd1 teorias podem ser descritas por meio de expressões que iniciam com o termo *Theory* seguido por um nome atribuído à teoria e por um conjunto de sentenças em Lógica Proposicional escritas em uma forma denominada HF, definida em Rodrigues (2015). Embora a forma HF imponha restrições à escrita de sentenças da Lógica Proposicional, ela é bastante abrangente nas construções sintáticas. Conjuntos de condições são empregados para estabelecer condições específicas (contextos, circunstâncias, intenções entre outras) para a realização de um raciocínio abduativo sem que teorias tenham que ser alteradas para incorporar tais elementos especializados. Uma condição é declarada pelo termo *Conditions* seguido por um nome atribuído à condição e, tal como em declarações de teorias, por um conjunto de sentenças da Lógica Proposicional na forma HF. Conjuntos de fatos servem para descrever, como o próprio termo sugere, fatos, observações, sinais ou sintomas que devem ser explicados. Na Linguagem Abd1 fatos são descritos por meio de expressões que iniciam com o termo *Facts* seguido por um nome atribuído ao fato e por um conjunto de proposições.

Um raciocínio abduativo é descrito pelo termo *AbductiveReasoning* seguido por um nome atribuído ao raciocínio e pela declaração dos elementos (teorias, fatos e condições), incluídos entre parênteses angulares (“{” e “}”), que participarão do raciocínio. A Linguagem admite, na descrição de um raciocínio abduativo, a escrita de expressões contendo a união, a intersecção ou a subtração de teorias, de condições e de fatos. É possível também especificar, opcionalmente, critérios para seleção de boas hipóteses abduativas. Por carência de espaço, este artigo não aborda este aspecto. O resultado da execução de um raciocínio abduativo é um conjunto de hipóteses. Cada hipótese dentro do conjunto de hipóteses é uma possível explicação para o raciocínio.

## 3. Exemplo de um Programa Escrito na Linguagem Abd1

Considere o circuito constituído por duas lâmpadas, dois interruptores, uma bateria e fios, cujo diagrama elétrico está ilustrado na Figura 1. Neste circuito a lâmpada 2 acende se a bateria possuir carga, os fios estiverem conectados e o interruptor 1 estiver ligado. Para que a lâmpada 1 acenda é necessário, adicionalmente que o interruptor 2 esteja ligado.



**Figura 1. Diagrama elétrico de um circuito que é utilizado como cenário para exemplificar o uso da Linguagem Abd1.**

A Figura 2 apresenta um programa que estabelece um modelo sobre o funcionamento do circuito. Duas teorias estão sendo especificadas. A teoria denominada *Teoria\_Não\_Funcionamento* especifica, por meio de quatro sentenças (linhas 3 a 6), falhas e funcionalidades que fazem as lâmpadas do circuito estarem apagadas. Por exemplo, a sentença da linha 3 estabelece que “se *bateria\_sem\_carga* então *lâmpada\_1\_apagada* e *lâmpada\_2\_apagada*”. As demais sentenças desta teoria estabelecem relações lógicas entre as proposições *fios\_rompidos*, *interruptor\_1\_desligado*, *interruptor\_2\_desligado*, *lâmpada\_1\_apagada* e *lâmpada\_2\_Apagada*. A teoria *Teoria\_Funcionamento* (linhas 9 a 12) especifica, em duas sentenças, o que faz as lâmpadas do circuito estarem acesas. Por exemplo, a sentença da linha 11 estabelece que “se *bateria\_com\_carga* e *fios\_conectados* e *interruptor\_1\_ligado* então *lâmpada\_2\_acesa*”. Há uma particularidade em relação ao que estabelecem estas duas teorias que é importante ressaltar: elas modelam, por meio das proposições *fios\_rompidos* (linha 4) e *fios\_conectados* (linhas 10 e 11), os fios do circuito como se fossem um bloco único, isto significa que os fios não estão sendo tratados como diversos segmentos independentes.

As duas teorias descritas explicam diferentes fenômenos que ocorrem no circuito. Estas teorias podem ser usadas isoladamente na realização de um raciocínio abduutivo, mas para que possam ser utilizadas conjuntamente a condição *Condição\_Correlação\_Teorias* está sendo especificada (linhas 14 a 17). Basicamente, esta condição estabelece relações lógicas entre as proposições utilizadas nas duas teorias. Assim, por exemplo, uma sentença na linha 15 estabelece que a proposição *bateria\_com\_carga* da teoria *Teoria\_Funcionamento* possui a seguinte relação lógica com a proposição *bateria\_sem\_carga* da teoria *Teoria\_Não\_Funcionamento*: “se *bateria\_com\_carga* então não *bateria\_sem\_carga*”. A condição *Condição\_Interruptores\_Não\_Desligados* (linha 19) estabelece um contexto especial para realização de raciocínios com a teoria *Teoria\_Não\_Funcionamento*. Esta condição estabelece que os interruptores 1 e 2 não estão desligados. Um fato é descrito na linha 21. O fato denominado *Fato\_1* é um conjunto unitário que especifica *lâmpada\_1\_apagada*.

Raciocínios abduativos estão sendo descritos nas linhas 23 a 28. *Explicações\_Lâmpara\_1\_Apagada* especifica um raciocínio para encontrar hipóteses que explicam o *Fato\_1* tendo como teoria a *Teoria\_Não\_Funcionamento*. *Explicações\_Lâmpada\_2\_Apagada* especifica algo semelhante ao primeiro raciocínio. As diferenças desta especificação para a primeira são: (1) em vez de referenciar um fato já nomeado no programa, o conjunto unitário de fatos { *lâmpada\_2\_apagada* } está

sendo diretamente descrito na especificação do raciocínio; (2) objetiva-se obter hipóteses que expliquem o fato `lâmpada_2_apagada`. `Explicações_Lâmpada_1_Apagada_Lampada_2_Acesa` especifica um raciocínio para encontrar hipóteses que explicam fatos presentes nas duas teorias definidas. Para isto, estão sendo descritas uma expressão para especificar a união das duas teorias e uma condição para correlação lógica entre elas. Outra particularidade da especificação deste raciocínio é o uso de uma expressão para descrever a união de dois conjuntos de fatos.

```

1. // Teoria sobre falhas e funcionalidades que fazem as lâmpadas do circuito estarem apagadas.
2. Theory Teoria_Não_Funcionamento {
3.   bateria_sem_carga → lâmpada_1_apagada ∧ lâmpada_2_apagada,
4.   fios_rompidos → lâmpada_1_apagada ∧ lâmpada_2_apagada,
5.   interruptor_1_desligado → lâmpada_1_apagada ∧ lâmpada_2_apagada,
6.   interruptor_2_desligado → lâmpada_1_apagada
7. }
8. // Teoria sobre o que faz as lâmpadas do circuito estarem acesas.
9. Theory Teoria_Funcionamento {
10.  bateria_com_carga ∧ fios_conectados ∧ interruptor_1_ligado ∧ interruptor_2_ligado → lâmpada_1_acesa,
11.  bateria_com_carga ∧ fios_conectados ∧ interruptor_1_ligado → lâmpada_2_acesa
12. }

13. // Condições para correlacionar as teorias Teoria_Não_Funcionamento e Teoria_Funcionamento.
14. Conditions Condição_Correlação_Teorias {
15.  bateria_com_carga → ¬ bateria_sem_carga, interruptor_1_desligado → ¬ interruptor_1_ligado,
16.  interruptor_2_desligado → ¬ interruptor_2_ligado, fios_rompidos → ¬ fios_conectados
17. }
18. // Condições que especificam que os interruptores não estão desligados.
19. Conditions Condição_Interruptores_Não_Desligados { ¬ interruptor_1_desligado, ¬ interruptor_2_desligado }

20. // Um conjunto de fatos.
21. Facts Fato_1 { lâmpada_1_apagada }

22. // Alguns raciocínios abduativos.
23. AbductiveReasoning Explicações_Lâmpada_1_Apagada < Teoria_Não_Funcionamento, Fato_1 >
24. AbductiveReasoning Explicações_Lâmpada_2_Apagada < Teoria_Não_Funcionamento, { lâmpada_2_apagada } >
25. AbductiveReasoning Explicações_Lâmpada_1_Apagada_Lâmpada_2_Acesa <
26.  Teoria_Não_Funcionamento ∪ Teoria_Funcionamento, { lâmpada_1_apagada } ∪ { lâmpada_2_acesa },
27.  Condição_Correlação_Teorias
28. >

```

**Figura 2. Programa estabelecendo um modelo sobre o funcionamento do circuito da Figura 1.**

A Figura 3 apresenta quatro exemplos de execução do programa da Figura 2 por meio de um interpretador da Linguagem Abdl, em fase de desenvolvimento. O interpretador sinaliza, com o sinal de pronto “>” na linha de comando, que aguarda a digitação de uma expressão descrevendo a união, a interseção e a subtração de raciocínios abduativos. Em resposta à expressão digitada, o interpretador executa o raciocínio e apresenta como resposta um conjunto de hipóteses para explicar os fatos definidos no raciocínio. A Figura 3(a) ilustra a execução do raciocínio `Explicações_Lâmpada_1_Apagada`. A Figura 3(b) exemplifica uma interseção de dois raciocínios, cujo resultado descreve as hipóteses que explicam, concomitantemente, os fatos das lâmpadas 1 e 2 estarem apagadas. A Figura 3(c) exemplifica o emprego de uma condição na realização de um raciocínio. Este exemplo, descreve um raciocínio para buscar hipóteses que explicam os fatos das lâmpadas 1 e 2 estarem apagadas, tendo

como condição para realização do raciocínio os interruptores 1 e 2 não estarem desligados. Uma particularidade presente neste exemplo é a descrição direta dos elementos que compõem um raciocínio (teoria, fatos e condição) na linha de comando do interpretador. O exemplo da Figura 3(d) mostra a execução de um raciocínio envolvendo conjuntamente as duas teorias definidas no programa. O raciocínio objetiva encontrar hipóteses que explicam os fatos `lâmpada_1_apagada` e `lâmpada_2_acesa`.

<p>&gt; Explicações_Lâmpada_1_Apagada.          &gt; { <code>bateria_sem_carga, fios_rompidos, interruptor_1_desligado, interruptor_2_desligado</code> }</p> <p>(a)</p>	<p>&gt; Explicações_Lâmpada_1_Apagada <math>\cap</math>          Explicações_Lâmpada_2_Apagada.          &gt; { <code>bateria_sem_carga, fios_rompidos, interruptor_1_desligado</code> }</p> <p>(b)</p>
<p>&gt; &lt; Teoria_Não_Funcionamento,          { <code>lâmpada_1_apagada, lâmpada_2_apagada</code> },          Condição_Interruptores_Não_Desligados ).          &gt; { <code>bateria_sem_carga, fios_rompidos</code> }</p> <p>(c)</p>	<p>&gt; Explicações_Lâmpada_1_Apagada_Lâmpada_2_Acesa.          &gt; { <code>bateria_com_carga <math>\wedge</math> fios_conectados <math>\wedge</math> interruptor_1_ligado <math>\wedge</math> interruptor_2_desligado</code> }</p> <p>(d)</p>

**Figura 3. Exemplos de execução do programa da Figura 2.**

#### 4. Considerações Finais

A Linguagem Abd1 é uma possível resposta ao problema do alto nível de conhecimento exigido de um programador para modelar raciocínios abduativos utilizando os sistemas de programação lógica existentes. Sendo projetada especificamente para a programação de raciocínios abduativos, espera-se que Abd1 possa ser utilizada por não especialistas em programação lógica como, por exemplo, engenheiros interessados em desenvolver modelos para diagnóstico de falhas em máquinas ou estudantes interessados em aprender sobre um assunto por meio da atividade de construir modelos sobre ele. A segmentação do modelo em teoria, condições, hipóteses e fatos proposta na Linguagem Abd1 permite uma “modularização” da base de conhecimento (programa lógico), o que contribui para diminuir o esforço cognitivo do programador na programação, à medida em que organiza o programa e facilita a reutilização e modificação do “código fonte”.

#### Referências

- Aliseda, A. (2006) “Abductive Reasoning: logical investigations into discovery and explanation”, Springer, The Netherlands.
- Christiansen, H. (2009) “Executable specifications for hypothesis-based reasoning with Prolog and Constraint Handling Rules”, *Journal of Applied Logic*, v. 7, pp. 341-366.
- Denecker, M. & Kakas, A. C. (2000) (eds.), “Abductive logic programming” Special issue of the *Journal of Logic Programming*, v. 44, pp. 1–3.
- Kakas, A. C., Michael, A. & Mourlas, C. (2000) “ACLPL: Abductive Constraint Logic Programming” *The Journal of Logic Programming*, v. 44, pp. 129-177.
- Rodrigues, F., Oliveira, C. E. A. & Oliveira, O. L. (2014) “Peirce: an algorithm for abductive reasoning operating with a quaternary reasoning framework”, *Research in Computer Science*, v. 82, pp. 53-66.
- Rodrigues, F. (2015) “Um algoritmo para abdução peirceana baseado em uma estrutura de raciocínio quaternária em Lógica”, *Dissertação de Mestrado, Faccamp*, [on-line], Disponível em [http://www.cc.faccamp.br/Dissertacoes/Felipe\\_2015.pdf](http://www.cc.faccamp.br/Dissertacoes/Felipe_2015.pdf).

# O uso de aplicativos mobile para auxiliar na verificação de fatos aprendidos pelo NELL

Caio Guimarães Herrera<sup>1</sup>, Luís Felipe Franco Candêo Tomazini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Computação – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)  
13565-905 – São Carlos – SP – Brasil

caio.herrera@outlook.com, lftomazini@hotmail.com

***Abstract.** This paper has as main topic the use of technologies on mobile platforms to aid in the semi-supervised process of the Never-ending Language Learner (NELL). It will be shown that there are many benefits with mobile applications for smartphones and tablets regarding the verification of the sentences learned when compared to traditional methods. The problems of previous works related to the reliability of the feedbacks and solutions for this issue will also be examined on this paper.*

***Resumo.** Este artigo tem como tema o uso de tecnologias em plataformas móveis para auxiliar no processo semissupervisionado do sistema de aprendizado sem fim NELL. Mostrar-se-á que aplicativos para smartphones e tablets podem trazer diversos benefícios na verificação das sentenças aprendidas quando comparados aos métodos utilizados atualmente. Discorre-se tanto a respeito dos problemas, vistos em trabalhos prévios, relacionados a confiabilidade das informações obtidas, quanto sobre as soluções para tal empecilho.*

## 1. Introdução

O aprendizado de máquina é uma área de pesquisa que vem recebendo bastante atenção dentro da Ciência da Computação e Inteligência Artificial em geral. Este fato contribuiu para grandes avanços e progressos nos resultados obtidos por algoritmos e métodos desta área de pesquisa nas últimas décadas. Mesmo assim, não existem, hoje em dia, ainda muitos sistemas computacionais capazes de aprender de maneira cumulativa para sempre. E mais importante, sistemas que se utilizem do conhecimento adquirido ontem para melhorar sua habilidade de aprendizado hoje num processo contínuo e sem fim. O primeiro (e talvez único) sistema de aprendizado sem fim atualmente em atividade é chamado NELL (Never-ending Language Learner) (Carlson et al., 2010). O NELL foi colocado em operação em janeiro de 2010 e continua sendo desenvolvido por um grupo de pesquisa sediado na Carnegie Mellon University (<http://rtw.ml.cmu.edu>), numa parceria que conta com um grupo de pesquisadores brasileiros.

A busca por um Sistema de Aprendizado Sem Fim (SASF) não é algo novo na comunidade de inteligência artificial. Entretanto, não há ainda uma metodologia bem definida para o desenvolvimento deste tipo de sistema, e nem tampouco um SASF capaz de apresentar todas as características essenciais para que possa aprender continuamente de maneira autônoma, autossupervisionada e autorreflexiva, expandindo sua base de conhecimento inicial automaticamente sempre que necessário. Resultados

iniciais nesta linha de investigação foram obtidos (Mitchell et al., 2015) pelo grupo de pesquisa responsável pelo sistema NELL. Tais resultados mostram a viabilidade da construção de um SASF, entretanto, apesar de serem muito promissores e significativos, os resultados atuais ainda não trouxeram contribuições definitivas para um SASF independente de intervenção humana. Há assim, a necessidade de continuidade dos trabalhos investigativos em vários outros pontos importantes do novo paradigma de aprendizado sem fim, sendo que um deles é o foco principal deste projeto.

Considerando o contexto do sistema de aprendizado sem fim NELL, uma das lacunas ainda existentes está vinculada à capacidade autônoma do SASF em se comunicar com seres humanos (em comunidades Web, por exemplo, Twitter, YahooAnswers, etc.) para autonomamente buscar supervisão. Em outras palavras, na teoria que define um sistema de aprendizado sem fim a presença de supervisão humana é prevista. Há entretanto a necessidade de que o sistema tenha autonomia para buscar tal supervisão de maneira pró-ativa (Pedro & Hruschka Jr., 2010).

Para auxiliar neste processo de supervisão achamos interessante que fosse utilizado um aplicativo para plataformas *mobile*, visto que *smartphones* e *tablets* estão presentes no cotidiano de diversas pessoas, as quais poderiam a qualquer instante fornecer um *feedback* ao NELL. Com uma maior quantidade de pareceres sobre as instâncias seria possível aumentar a confiabilidade das informações aprendidas pelo NELL. Além disso, pretende-se utilizar um sistema de *login* para poder fazer a avaliação dos fatos aprendidos. Tal funcionalidade terá papel fundamental para resolução de um dos problemas encontrados em trabalhos anteriores, o qual será apresentado na próxima seção.

Este artigo está dividido nas seguintes seções: trabalhos relacionados, implementação e trabalhos futuros. Na primeira seção serão descritos projetos já desenvolvidos na área, que tem influência sobre este projeto. Na implementação, mostraremos de forma sucinta como foi desenvolvido este trabalho, enquanto que na parte de trabalhos futuros, indicaremos possíveis desdobramentos desta pesquisa.

## 2. Trabalhos Relacionados

Atualmente encontra-se disponível em <https://rtw.ml.cmu.edu/rtw/> uma seção com 10 fatos aprendidos pelo NELL, *Recently-Learned Facts*, (Figura 1). Lá é possível visualizar o fato, a categoria a qual ele pertence, a iteração na qual foi aprendido, a data, o grau de confiabilidade, bem como dois símbolos, um para marcar que está correto e o outro para marcar que está errado.

Tal ideia possibilitou um número muito maior de avaliações sobre o que o NELL descobre, visto que qualquer um com acesso à internet tem a possibilidade de auxiliar nesta tarefa de supervisão. Porém, isto acarretou em um problema ao mesmo tempo: não há como saber a credibilidade da resposta que o usuário colocou. Sendo assim, após realizarem os *feedbacks* um supervisor tem a tarefa semanal de verificar se o que eles marcaram é verdade ou não e só então passar estas informações para a base de dados do sistema.

Recently-Learned Facts [twitter](#) [Refresh](#)

instance	iteration	date learned	confidence	
<a href="#">wnjb</a> is a <a href="#">radio station</a>	929	31-may-2015	100.0	 
<a href="#">prix_de_meulebeke</a> is a <a href="#">sporting event</a>	929	31-may-2015	93.6	 
<a href="#">pilot_independent</a> is a <a href="#">newspaper</a>	929	31-may-2015	100.0	 
<a href="#">dias_kadyrbayev</a> is a <a href="#">non-negative integer</a>	933	20-jun-2015	100.0	 
<a href="#">launch_of_ps3</a> is a <a href="#">product launch event</a>	933	20-jun-2015	100.0	 
<a href="#">central_michigan</a> is an organization <a href="#">also known as</a> <a href="#">state_university</a>	934	25-jun-2015	96.9	 
<a href="#">surf</a> is a sport <a href="#">taught in</a> the country <a href="#">australia</a>	931	05-jun-2015	100.0	 
<a href="#">kobe_bryant</a> is a person who <a href="#">has age</a> 30	934	25-jun-2015	100.0	 
<a href="#">fredericksburg</a> is a city <a href="#">located in</a> the state or province <a href="#">texas</a>	934	25-jun-2015	99.9	 
<a href="#">scandinavian_countries</a> is a <a href="#">generalization of</a> <a href="#">switzerland</a>	933	20-jun-2015	100.0	 

Figura 1. Seção do site com os Recently-Learned Facts

### 3. Implementação

O aplicativo inicialmente está sendo desenvolvido para a plataforma Android. Através de uma consulta à internet, é possível arquivar algumas sentenças aprendidas pelo NELL, assim como sua estrutura, identificando quais termos da sentença adquirida representam uma relação, uma entidade ou uma categoria. Desta forma, o aplicativo consegue distinguir o significado da frase e lidar corretamente com o *feedback* do usuário.

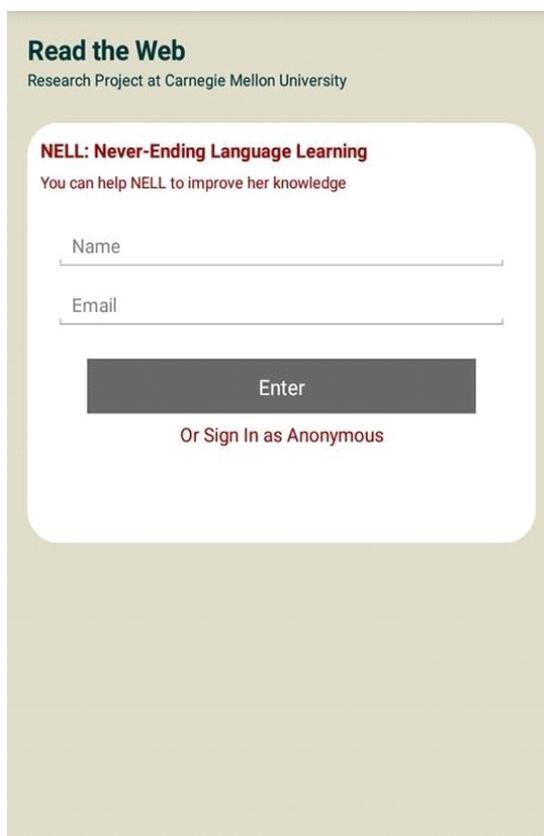
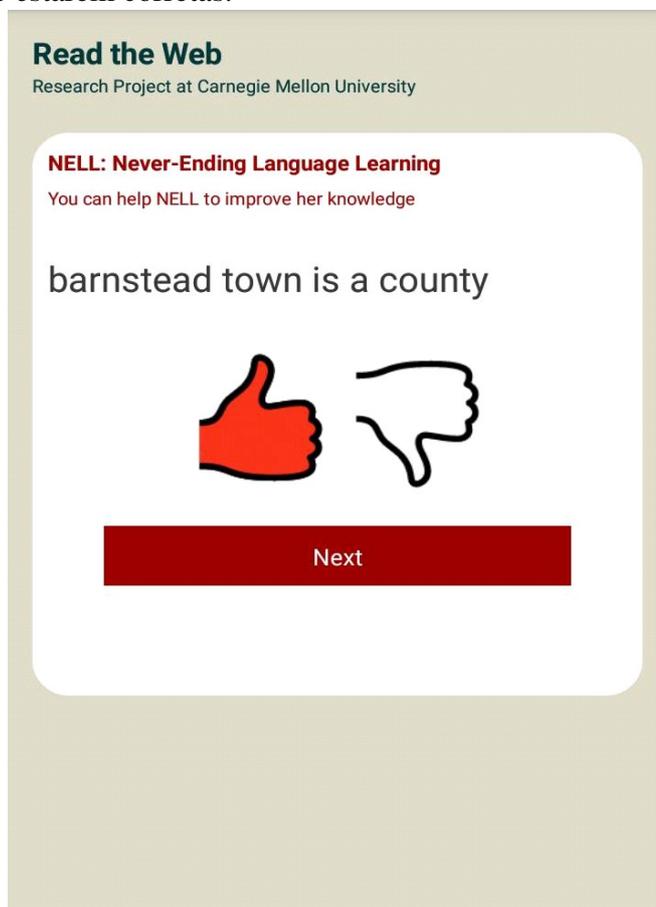


Figura 2. Tela inicial de login do aplicativo

Para aumentar a confiabilidade das informações obtidas, os usuários poderão fazer *login* para validar as sentenças, reduzindo o número de pessoas que venham a interferir de forma negativa no projeto dando *feedbacks* errados propositalmente (Figura 2). O cadastro poderá ser feito tanto por e-mail, quanto por uma conta do Facebook ou Twitter. Caso prefira, o usuário poderá não fazer *login*, porém a credibilidade atribuída às suas respostas será muito inferior à dos que estiverem registrados.

Assim como a área *Recently Learned Facts* presente no site do projeto *Read The Web*, o aplicativo apresentará alguns fatos recentemente aprendidos pelo sistema NELL para o usuário, que poderá dar um *feedback* positivo, caso acredite ou tenha conhecimento que a sentença apresentada é verdadeira, ou negativo, caso contrário (Figura 3). Uma consequência imediata disso seria a expansão do grupo de usuários interagindo com o NELL, e portanto, o aumento do número de *feedbacks* recebidos. Este fator pode auxiliar o sistema a distinguir entre as sentenças aprendidas quais são mais confiáveis de estarem corretas.



**Figura 3. Tela na qual o usuário dará o seu feedback sobre a sentença**

As sentenças obtidas pelo aplicativo são armazenadas esperando pelo *feedback* do usuário, e após serem respondidas aguardam uma conexão com internet para serem retornadas ao sistema. Esta passagem se dá através de uma interface que permite uma comunicação direta com o NELL, de forma que o *feedback* será armazenado no sistema. A distinção dos elementos do sistema é de vital importância para esta etapa do projeto, visto que o NELL trabalha com um sistema de categorias, relações e entidades, e que frases “cruas” não poderiam ser interpretadas corretamente.

Juntamente com a resposta do usuário, algumas informações sobre este são enviadas ao sistema, como forma de tentar indicar que o *feedback* dado por aquele usuário pode ser mais ou menos confiável. Estas informações são solicitadas em um cadastro que é feito diretamente pelo aplicativo. O usuário também pode utilizar o aplicativo em modo anônimo, porém suas respostas não auxiliarão o sistema a aumentar a confiabilidade nos *feedbacks* de usuários externos ao projeto.

#### 4. Trabalhos Futuros

Um dos pontos a serem aprimorados seria quanto aos temas dos fatos a serem verificados. Pensamos primeiramente em criar uma opção para responder por categoria, assim se o usuário se sentir mais confiante em um determinado assunto ele poderá avaliar apenas as questões referentes a este tópico.

Também achamos interessante implementar um algoritmo para direcionar os temas de acordo com os acertos e erros, de modo que, caso muitas respostas estiverem erradas sobre um conteúdo, fatos referentes a ele aparecerão menos frequentemente. Isto proporcionará que a taxa de acerto venha a ser mais alta, facilitando tanto para o usuário que não responderá perguntas que não sabe a resposta, quanto para a equipe do NELL que não precisará fazer uma análise tão constante das informações coletadas.

Pretende-se criar versões do aplicativo para outras plataformas *mobile* como para iOS e Windows Phone. Isto resultaria em uma maior base de usuários, acarretando em mais *feedbacks* recebidos por dia.

#### Referências

- Carlson, A., Betteridge, J., Kisiel, B., Settles, B., Hruschka Jr., E. R., Mitchell, T. (2010). "Toward An Architecture for Never-Ending Language Learning", In: Proceedings of the 24th AAAI Conference on Artificial Intelligence. AAAI Press.
- Mitchell, T., Cohen, W., Hruschka Jr., E. R., Talukdar, P., Betteridge, J., Carlson, A., Dalvi, B., Gardner, M., Kisiel, B., Krishnamurthy, J., Lao, N., Mazaitis, K., Mohamed, T., Nakashole, N., Platanios, E., Ritter, A., Samadi, M., Settles B., Wang, R., Wijaya, D., Gupta, A., Chen, X., Saproov, A., Greaves, M., Welling, J. (2015). "Neverending learning" In: Proceedings of the Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-15).
- Pedro, S., Hruschka Jr., E. R. (2012). "Collective Intelligence as a Source for Machine Learning Self-Supervision" In: Proceedings of the 4th International Workshop on Web Intelligence & Communities, collocated with the WWW 2012 conference, França.
- Settles, B., Kisiel B. (2015) "Read the Web :: Carnegie Mellon University", <https://rtw.ml.cmu.edu/rtw>, junho.

# Definição de projetos para bioimpressão em STL utilizando orientação a objetos e VTK

Luiz Angelo Valota Francisco<sup>1</sup>, Luis Carlos Trevelin<sup>1</sup>

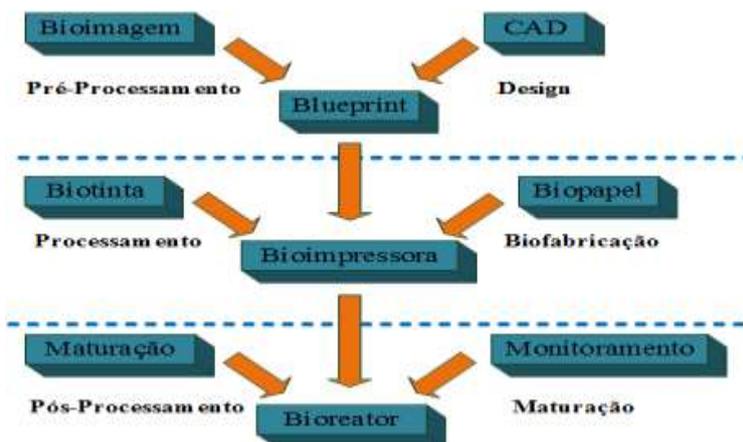
<sup>1</sup>Departamento de Computação – Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)  
Caixa Postal 676 – 13565-905 – São Carlos, SP – Brasil  
{lavfrancisco@gmail.com, trevelin@dc.ufscar.br}

**Abstract.** *The bioprinting is an essential element of biomanufacturing process and is an area of emerging and promising multidisciplinary research, which proposes the "manufacture" of tissues and organs by means of techniques and rapid prototyping capabilities, such as additive manufacturing. A model and a framework for the definition of projects that can be used in bioprinting living tissues and organs is set.*

**Resumo.** *A bioimpressão é um elemento essencial do processo de biofabricação e constitui uma área de pesquisa multidisciplinar emergente e promissora, que propõe a "fabricação" de tecidos e órgãos por meio de técnicas e recursos de prototipagem rápida, como a manufatura aditiva e ou impressão 3D. Será definido um modelo e framework para a definição de projetos que poderão ser utilizados na bioimpressão de tecidos vivos e órgãos.*

## 1. Biofabricação

A bioimpressão de tecidos vivos e de órgãos não é um processo simples. Segundo Mironov, Kasyanov e Markwald (2011), a biofabricação de um órgão humano irá exigir a utilização de série de dispositivos robóticos integrados automatizados ou uma linha de biofabricação. A figura abaixo ilustra as fases existentes em um processo de biofabricação



**Figura 1 - Fases de um processo de biofabricação**

Fonte: (MIRONOV; KASYANOV; MARKWALD, 2011), adaptado pelo autor.

### 1.1. Pré-processamento e *design*

Segundo Mironov et al. (2003), a fase de pré-processamento trata especificamente com um projeto CAD ou um projeto de um órgão específico. O desenho utilizado nesse projeto pode ser derivado a partir da reconstrução de imagens digitalizadas de um órgão natural ou tecido. Essas imagens por sua vez podem ser obtidas através de várias modalidades como a digitalização não invasiva do corpo humano adquirida por exames médicos, por exemplo a ressonância magnética ou tomografia computadorizada ou uma reconstrução 3D detalhada de secções seriadas de órgãos específicos.

Porém segundo Wang, Wang e Lin (2010), as imagens médicas fornecidas por exames de tomografia computadorizada são limitadas a uma representação 2D, o que, muitas vezes impossibilitam os médicos de diagnosticar rapidamente doenças e explicar sintomas e tratamentos para os pacientes. Por outro lado, imagens médicas representadas em modelos 3D, são portanto uma importante ferramenta no diagnóstico e tratamento de doenças. Além disso existe a possibilidade de um modelo 3D ser fabricado com recursos de prototipagem rápida, ou manipulados em ambientes virtuais computadorizados.

### 1.2. Processamento e biofabricação

De acordo com Ozbolat e Yin Yu (2013), a bioimpressão é o processo em que as células vivas são precisamente impressas em certo padrão e possui um grande potencial e promessa para a engenharia de fabricação de órgãos vivos.

Baseado em seu princípio de funcionamento, a bioimpressão pode ser classificada principalmente em:

- Baseada em Laser;
- Baseada em Jato de tinta;
- Baseada em Extrusão.

### 1.2. Pós-processamento e maturação

Nesta fase acontece a maturação e o monitoramento do tecido vivo ou órgão fabricado.

De acordo com Martin, Wendt e Heberer (2004), os biorreatores são geralmente definidos como dispositivos que geralmente são utilizados para o monitoramento e controle rígido de processos biológicos e/ou bioquímicos possam ser desenvolvidos sob condições ambientais e operacionais adequadas (por exemplo, pH, temperatura, pressão, fornecimento de nutrientes e remoção de resíduos), outras características como o auto grau de reprodutividade e o controle e automação introduzido por biorreatores utilizados em bioprocessos tem sido a chave para a sua aplicação em larga escala. Utilizados originalmente em processos de fermentação industrial, tratamento de efluentes, processamento de alimentos e produção de produtos farmacêuticos e de proteínas recombinantes, esses dispositivos são fundamentais para os processos de biofabricação de tecidos vivos e órgãos, pois possibilitam o controle de monitoração de características como a semeadura de células em *scaffolds*, nutrição de células nas construções resultantes e estimulação mecânica dos tecidos em desenvolvimento.

## 2. Modelagem CAD em processos de bioimpressão

Segundo Chen QiuHong (2010), a modelagem 3D está relacionada com a visão computacional, a computação gráfica, o processamento de imagem, a realidade virtual e outras áreas de pesquisa.

Com relação à forma como é trabalhada essa modelagem, pode ser dividida em três tipos:

- Modelagem baseada em geometria;
- Modelagem baseada em imagem;
- Modelagem híbrida.

### 2.1. BioCAD

De acordo com Sun (2009), os avanços em tecnologias assistidas por computador e sua aplicabilidade na engenharia de tecidos criaram um novo campo denominado BioCAD. Esse campo integra o desenho assistido por computador, o processamento de imagem, a produção e a fabricação de forma livre, para projetar, modelar, simular e manufaturar tecidos biológicos e substitutos para órgãos.

Na engenharia de tecidos, é amplamente classificado em três aplicações principais:

- Modelagem de tecidos assistida por computador, incluindo visualização 3D anatômica, reconstrução 3D, desenho assistido por computador de modelos de tecidos e modelagem biofísica para planejamento e simulação cirúrgica;
- Informática para scaffold de tecidos e biomimética (estudo de estruturas e funções para sistemas biológicos como modelos para design e engenharia de biomateriais), incluindo a classificação de tecidos auxiliada por computador e aplicações para caracterização de diferentes níveis hierárquicos de tecido, design biomimético sob restrições múltiplas e sistemas de modelagem de múltiplas escalas biológicas;
- Biofabricação de tecidos e regeneração de órgãos, incluindo manufatura auxiliada por computador de scaffolds para tecidos, biofabricação de construções de tecidos, modelagem biomodelo para impressão celular 3D de órgãos.

Ainda segundo Sun (2009), o BioCAD permite explorar muitas abordagens inovadoras na modelagem, no projeto e na fabricação de scaffolds de tecidos complexos que têm maiores funcionalidades e interações celulares. Por exemplo, pode ser aplicado em abordagem de design biomimético para introduzir múltiplas necessidades biológicas e biofísicas no projeto de scaffolds, e também permite a integração de características tanto biomiméticas e não-biomiméticas no banco de dados de modelagem de scaffolds para formação com alta fidelidade e scaffolds inteligentes. Características biomiméticas podem ser baseadas em dados anatômicos reais, gerados a partir de imagens CT (*computed tomography*) / MRI (*magnetic resonance imaging*), ou podem ainda ser criadas puramente dentro de um ambiente CAD, tais como canais e as estruturas porosas. As características não-biomiméticas são as que não imitam a natureza, mas podem ser concebidas, como por exemplo câmaras de armazenamento de drogas, elementos mecânicos e interfaces de ligação para tubos, sensores eletrônicos e outros

dispositivos para diversas aplicações de engenharia de tecidos regenerativos. A característica principal de um BioCAD é a de representar o tecido biológico pertinente, sua biomecânica, e informações bioquímicas como um modelo computacional de um biotecido baseado em CAD. Esse modelo pode ser usado como um repositório central para fazer a interface de criação, simulação e produção de substitutos de tecidos.

## **2.2. STL: *STereo Lithography***

A geometria interna e externa, projetada da estrutura que será construída, pode ser obtida a partir de um software para desenho 3D, ser descrita utilizando equações matemáticas ou ainda ser obtida a partir de dados de análises clínicas utilizando tecnologias como a ressonância magnética ou tomografia.

Essa possibilidade da utilização de dados de exames faz com que essa tecnologia de fabricação seja útil para muitas aplicações em processos de engenharia biomédica, uma vez que permite fabricar modelos ou implantes específicos para cada paciente.

O arquivo CAD descreve a geometria e as dimensões da peça que será construída, já o arquivo STL lista as coordenadas de triângulos que juntos compõem a superfície de estrutura 3D projetada. Essa estrutura é concebida virtualmente, cortada em camadas da espessura utilizada no processo de fabricação camada-a-camada. Esses dados são enviados para o aparelho de estereolitografia (SLA) e a estrutura então é fabricada (WANG, CHANG; 2007).

## **2.3. VTK: *Visualization ToolKit***

Segundo Filho (2008), o *Visualization ToolKit* (VTK), é um sistema distribuído de forma livre e de código fonte aberto. Utilizado em computação gráfica 3D, visualização científica e processamento de imagens para a representação dos dados de forma variada, como por exemplo, o conjunto de pontos não-estruturados, dados poligonais, imagens, volumes e malhas do tipo estruturada, retilínea e não estruturada. Além disso conta com um conjunto de classes responsáveis pela importação e exportação de dados, possibilitando assim o intercâmbio com outros aplicativos, trabalha com uma grande diversidade de filtros que poderão ser aplicados aos dados e também possui um modelo de renderização para gráficos 2D, poligonal, volumétricos e aplicação de texturas.

Seu desenvolvimento foi fortemente pautado pelo paradigma da orientação a objetos, sendo assim, multiplataforma, podendo ser utilizado em mais de um sistema operacional.

Basicamente esse toolkit é subdividido em 2 subsistemas: uma biblioteca compilada em C++, e várias interfaces interpretadas estendidas em camadas para outras linguagens como Tcl/TK, Java e Python, o que, possibilita uma arquitetura de desenvolvimento, onde é possível manter o núcleo compilado em C++ e construir uma interface gráfica de usuário, utilizando uma das linguagens interpretadas acima citadas. Mas, isso não exclui a possibilidade de utilização da linguagem C++ para construção do sistema como um todo.

## 2.4. InVesalius: software livre de imagens médicas

Segundo Amorin et al. (2011), o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer - CTI, como o objetivo de produção de modelos físicos para auxiliar a saúde em planejamento cirúrgico, iniciou o desenvolvimento do software InVesalius, que atualmente está na sua terceira versão e possui uma comunidade com mais de 4833 membros, espalhados em 71 países, e todo o seu desenvolvimento está centralizado no portal [www.softwarepublico.gov.br](http://www.softwarepublico.gov.br).

O software foi desenvolvido na linguagem de programação Python e utiliza o paradigma da orientação a objeto em quase sua totalidade.

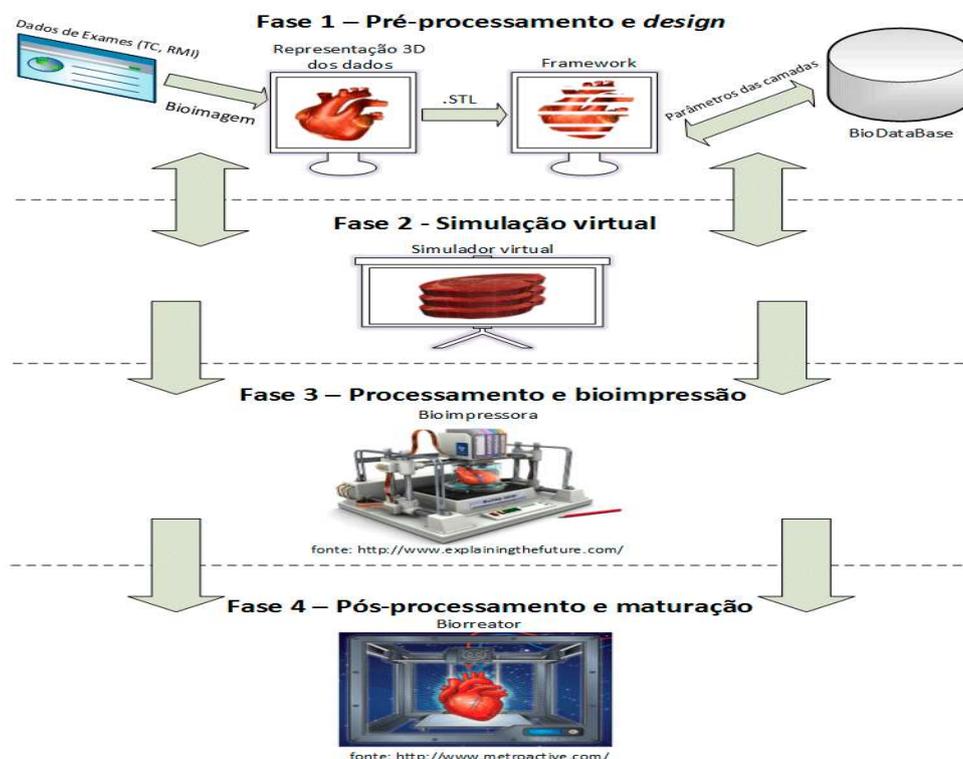
Com esse software, é possível ler arquivos em formato DICOM ou Analyze. Após a leitura desses arquivos, as imagens são convertidas em uma matriz com três dimensões e os dados são mantidos em uma estrutura memmap.

É possível a navegação nas fatias das imagens do exame através das orientações axial, sagital e coronal e também a reconstrução tridimensional da imagem.

## 3. Modelo computacional de definição de projetos de bioimpressão

Para definição deste modelo serão utilizadas como base as fases para a biofabricação definidas por Mironov, Kasyanov e Markwald (2011), porém o escopo dessa proposta se limita a fase 1.

A figura abaixo demonstra o modelo utilizado para a definição dos projetos de bioimpressão.



**Figura 2 – Definição do modelo**  
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Segundo Ozbolat e Yin Yu (2013), para a biofabricação de um órgão funcional personalizado, é necessário percorrer o seguinte caminho:

- Projeto de modelagem de um órgão, com sua arquitetura vascular;
- Geração de um plano de processos para bioimpressão;
- Isolamento de células estaminais;
- A diferenciação de células estaminais em células específicas do órgão;
- A preparação e o carregamento de células específicas do órgão e das células dos vasos sanguíneos, assim como seu meio de suporte;
- Processo de bioimpressão seguido por organogênese em um biorreator para a transplantação.

### 3.1. Framework para modelagem computacional de bioimpressão

O *framework* desenvolvido utiliza a compilação do VTK 5.8.0 para a representação dos dados, a linguagem Java para camada de interação com o usuário e acesso ao banco de dados. O banco utilizado é o Java DB Embedded e o framework de persistência de dados é o Hibernate.

O seu desenvolvimento foi concebido através do paradigma da Orientação a Objetos e baseado no modelo de descrição das fases de bioimpressão definidos por Mironov, Kasyanov e Markwald (2011).

O processo de criação de projetos inicia-se com a escolha de um modelo 3D no format .STL e definição de um título para o projeto. Em seguida é possível definir a quantidade de fatias ao qual o modelo será dividido.

A figura abaixo ilustra esse processo de definição de projetos.

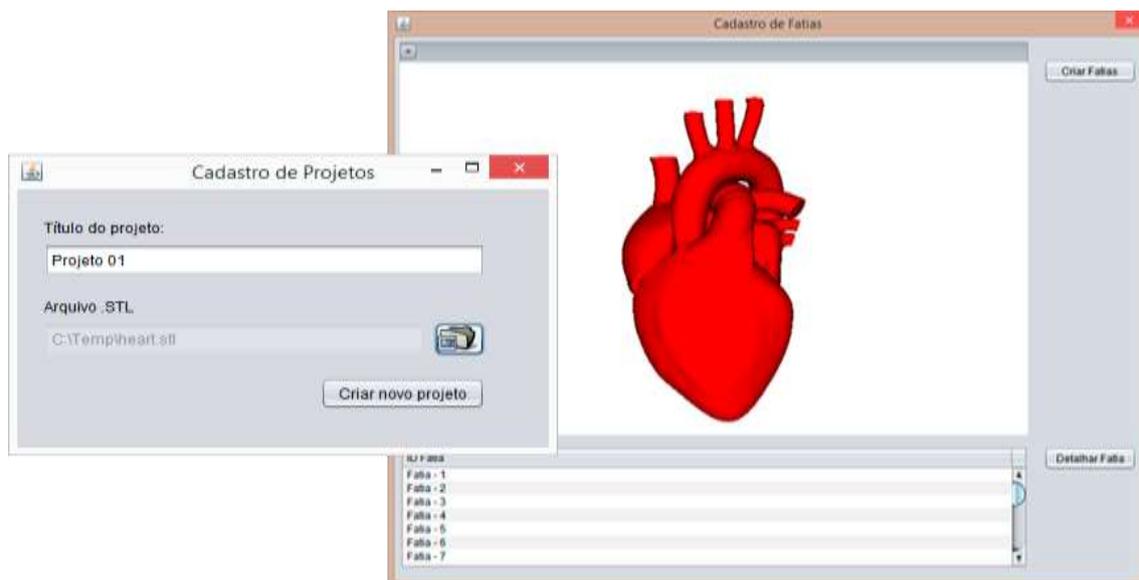
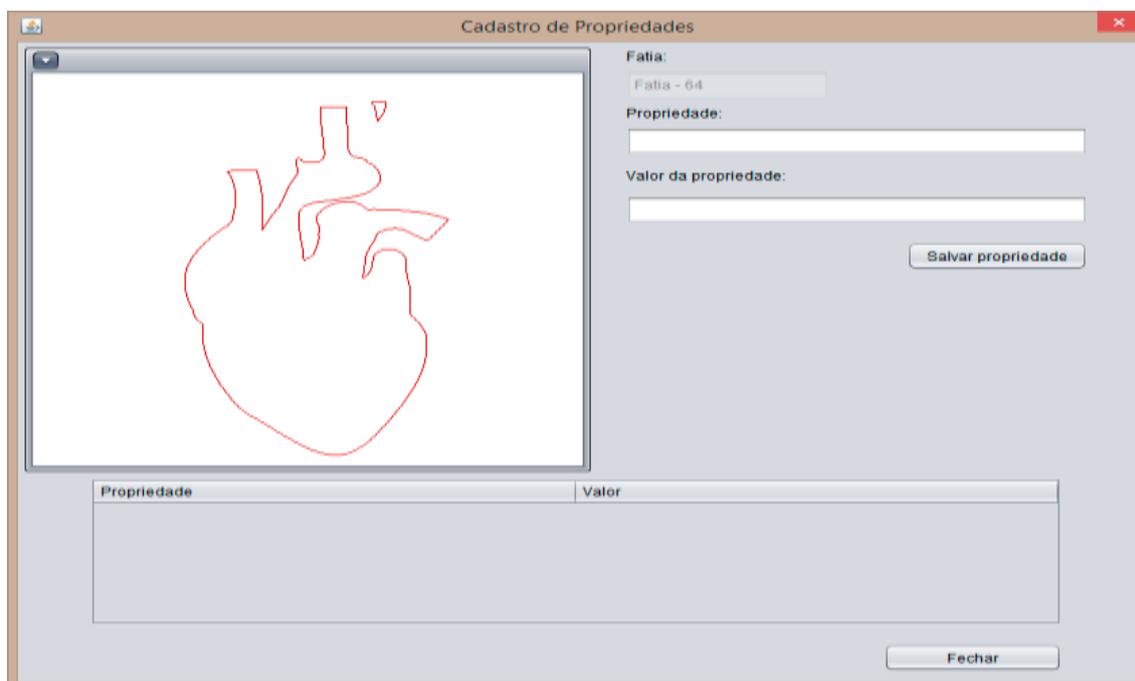


Figura 3 – Tela de cadastro de projetos e definição de fatias

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Logo após a divisão em fatias existe a possibilidade de detalhamento das informações referentes a fatia em questão. Nesta primeira versão do framework, o detalhamento é realizado através de especificações das propriedades específicas pertinentes à fatia, o que, permite ao usuário uma definição mais detalhada do objeto a ser impresso conforme ilustrado na figura abaixo.



**Figura 4 – Tela de cadastro de propriedades das fatias**

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

#### **4. Considerações finais e Perspectivas**

Após a etapa de criação do projeto de bioimpressão, as especificações STL definidas pelo framework, poderão ser utilizados em conjunto com recursos de realidade virtual, através de simulações virtuais, com o intuito de validar o modelo proposto e também fornecer um mecanismo capaz de realizar um planejamento dos processos de bioimpressão.

O framework possibilita também que, tanto os modelos, quanto as suas fatias, após a etapa de especificação de propriedades sejam exportados para serem impressos em uma impressora 3D.

Ainda existe um longo caminho a ser percorrido até que a bioimpressão seja um processo consolidado, tanto em termos de software como hardware. Além disso, se faz necessário estudos relacionados a viabilidade técnica e econômica deste processo.

## Referências

- Amorim P. H. J.; Moraes, T. F.; Azevedo, F. S.; Silva J. V. L. InVesalius: Software Livre de Imagens Médicas. XXXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2011. p. 1735-1740.
- Chen Qihong. 3D modeling visualization algorithm research and implementation IEEE, jul. 2010. ed. New York, USA: Elsevier, 2007.
- Filho, Júlio de Mesquita. Reconstrução e geração de malhas em estruturas biomecânicas tridimensionais para análise por elementos finitos. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.
- Martin, I.; Wendt, D.; Heberer, M. The role of bioreactors in tissue engineering. Trends in Biotechnology, v. 22, n. 2, p. 80–86, fev. 2004.
- Mironov, V. et al. Organ printing: computer-aided jet-based 3D tissue engineering. Trends in Biotechnology, v. 21, n. 4, p. 157–161, abr. 2003.
- Mironov, V.; Kasyanov, V.; Markwald, R. R. Organ printing: from bioprinter to organ biofabrication line. Current Opinion in Biotechnology, v. 22, n. 5, p. 667–673, out. 2011.
- Ozbolat, I. T.; Yin Yu. Bioprinting Toward Organ Fabrication: Challenges and Future Trends. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, v. 60, n. 3, p. 691–699, mar. 2013.
- Sun, W. BioCAD in tissue science and engineering IEEE, ago. 2009. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5246807>>. Acesso em: 13 jan. 2014
- Wang, C.-S.; Chang, T.-R. Re-triangulation in STL meshes for rapid prototyping and manufacture. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 37, n. 7-8, p. 770–781, 24 abr. 2007.
- Wang, C.-S.; Wang, W.-H. A.; Lin, M.-C. STL rapid prototyping bio-CAD model for CT medical image segmentation. Computers in Industry, v. 61, n. 3, p. 187–197, abr. 2010

# Uma Técnica de Encaminhamento de Pacotes Baseada em Menor Atraso Através das Medições da Taxa e de Comprimento de Pacotes para a Rede de Aplicação Médica

Ronaldo Plovas, Shusaburo Motoyama

Programa de Mestrado em Ciência da Computação  
Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP) - Campo Limpo Paulista - SP – Brazil

ronaldplovas@hotmail.com, shumotoyama@gmail.com

**Resumo.** *As redes de aplicações médicas podem ser constituídas de WBANs (Wireless Body Area Network) nas extremidades e um conjunto de nós intermediários denominados de RFIDs (Radio Frequency Identification), compondo uma rede IoT (Internet of Things), e que são utilizados para a leitura e transporte de dados médicos dos pacientes. Os dados médicos dos pacientes podem ser lidos localmente das WBANs ou são transportados, através da Internet, até um centro médico ou hospital mais perto. Em geral, os dados médicos necessitam de um tratamento em tempo real, portanto, devem ser encaminhados de modo mais rápido possível dentro de uma rede. Os objetivos deste trabalho são propor e estudar o desempenho de uma técnica de encaminhamento baseada em caminho de menor atraso através das medições de taxa e comprimento de pacotes para as redes de aplicações médicas.*

**Abstract.** *The medical application networks can be constituted of WBANs (Wireless Body Area Network) at the edges and a set of intermediate nodes denoted RFIDs (Radio Frequency Identification), composing an IoT (Internet of Things) network, and are used for reading and transportation of medical data of patients. The medical data of patients can be locally read from WBANs or are transported, through Internet, up to the nearer medical center or hospital. In general, the medical data need a real time treatment so that must be routed as quickly as possible in a network. The objectives of this work are to propose and study the performance of a routing technique based on a least delay path through the measurements of rate and length of packets for medical application networks.*

## 1. Introdução

Os avanços tecnológicos observados recentemente em várias áreas estão possibilitando a evolução de redes sem fio em vários campos de aplicação. Os principais campos de aplicação beneficiados são na agricultura, no controle de tráfego urbano, na área de saúde, na automação industrial, etc. Em todas essas áreas, os principais componentes que serão utilizados são os sensores sem fio. Os sensores sem fio têm várias funções, desde a medição de diferentes parâmetros de aplicação em diferentes campos, a recepção e o processamento de dados, até a transmissão de dados. Esses sensores sem fio adicionados de toda a funcionalidade são denominados, genericamente, de nós sensores, e uma rede interconectada desses nós sensores é chamada de rede de sensores sem fio.

Na área de saúde, uma das aplicações dessa rede é no monitoramento de sinais vitais de um paciente. Essa rede denominada de rede corporal de sensores sem fio, WBAN (*Wireless Body Area Network*), tem as funções de obter os sinais vitais de um paciente e apresentá-los à equipe médica de um hospital ou transmiti-los, através da Internet, ao seu médico particular.

Para a interconexão de várias WBANs instaladas em comunidades urbanas ou rurais, poderá ser utilizada uma outra tecnologia que está em desenvolvimento, a Internet das Coisas ou IoT (*Internet of Things*), conforme Yang, Liu e Liang (2010). A principal concepção da IoT é atribuir inteligência a todos os objetos (coisas), e esses objetos se comunicarão entre si, e também com as pessoas, formando uma rede de objetos. Um dos principais componentes da IoT é o leitor RFID (*Radio Frequency Identification*) que possibilita a leitura sem fio de dados armazenados em um objeto. Os dados dos pacientes das WBANs espalhadas em residências de uma comunidade (urbana ou rural) poderiam ser lidos através dos leitores RFIDs que formariam uma rede de RFIDs. Nessa rede, os leitores RFIDs trabalhariam cooperativamente para transmitirem os dados até um hospital ou centro de saúde, como é visto em Serafim e Motoyama (2014). Um dos problemas encontrados em uma rede de RFIDs para WBANs é o encaminhamento de pacotes dentro dessa rede para que haja um percurso mais rápido até atingir o nó que tenha acesso ao centro médico ou hospital.

O objetivo deste trabalho é propor uma técnica de encaminhamento para redes de aplicação médica em que os pacotes deverão ser encaminhados o mais rápido possível, ou seja, um caminho que terá um menor atraso dentro da rede. O estudo será realizado através da simulação computacional na intenção de se verificar a real eficácia da técnica proposta em comparação com demais soluções apresentadas na literatura.

Este artigo está organizado em três seções. Na seção 2, a seguir, são discutidas as principais técnicas de encaminhamento que poderão ser utilizadas nas redes de aplicação médica. Uma técnica de encaminhamento baseada em caminho de menor atraso é detalhada na seção 3.

## 2. Técnicas de Encaminhamento

Nesta seção, serão descritos alguns tipos de encaminhamento em redes sem fio que poderão ser apropriados para redes de aplicação médica.

Uma técnica de encaminhamento denominada de WRP (*Wireless Routing Protocol*) é apresentada em Misra (1999). Trata-se de um protocolo de vetor-distância baseado em um conjunto de tabelas em cada nó. São utilizadas quatro tabelas: de distância, de encaminhamento, de custo e de atualização.

A tabela de distância de um nó  $x$  contém a distância de cada nó destino  $y$  através de cada nó vizinho  $z$  de  $x$ . A informação do próximo nó da rota, vizinho de  $z$ , é, também, contemplada na tabela. A tabela de encaminhamento do nó  $x$  contém a distância de cada nó destino  $y$  vindo do nó  $x$ , o predecessor e o sucessor do nó  $x$  desta rota. A armazenagem do predecessor e do sucessor na tabela é útil no caso de detectar laços e evitar problemas de contagem ao infinito. A tabela de custo de *link* contém o custo do *link* de cada vizinho do nó e a quantidade de erros por tempo excedido até que uma mensagem livre de erros tenha sido recebida por aquele nó. Para atualização das tabelas, cada nó mantém uma lista de retransmissão de mensagens (*MRL-Message Retransmission List*) que contém as informações dos nós vizinhos que ainda requerem

mensagens de atualização. Os nós compartilham os dados de suas tabelas de encaminhamento com os nós vizinhos, periodicamente, através de mensagens de atualização, e, também, quando há alterações no *link*. No recebimento de uma mensagem de atualização, o nó faz as devidas modificações em sua tabela de distâncias e verifica os melhores caminhos ao se basear nas novas informações. Qualquer novo caminho encontrado é enviado para os nós de origem com o objetivo de atualizar suas tabelas. E no caso de ser encontrado um caminho melhor do que o existente na tabela de encaminhamento, será, também atualizado. No recebimento dos pacotes de confirmação, o nó faz a atualização de sua lista de retransmissão de mensagens (MRL).

Na técnica de encaminhamento denominada de CGSR (*Clusterhead Gateway Switch Routing*), apresentada em Misra (1999), os nós móveis são agregados em *clusters*, e um nó *cluster-head* é eleito. Todos os nós que estejam ao alcance deste *cluster-head* pertencerá ao seu *cluster*. Um nó do tipo *gateway* que estiver ao alcance de comunicação de dois ou mais *cluster-heads*, propiciará a comunicação entre os *clusters*. Em um cenário dinâmico, para não perder desempenho, devido as constantes eleições do *cluster-head*, é utilizado o algoritmo LCC (*Least Cluster Change*). Neste algoritmo a mudança do *cluster-head* ocorre somente quando os dois *cluster-heads* estejam fazendo parte de um mesmo *cluster* ou quando um dos nós da rede fica fora de alcance de qualquer *cluster-head*. Neste protocolo, o nó de origem deverá transmitir seus pacotes de dados para o seu *cluster-head*. A partir deste *cluster-head*, os pacotes em trânsito serão enviados para o nó *gateway*, de onde será enviado para o próximo *cluster*. O processo continua até alcançar o *cluster-head* de destino. Por fim, o *cluster-head* de destino transmitirá o pacote de dados para o nó de destino.

Um tipo de encaminhamento baseado em um modelo hierárquico, denominado de HDP (*Height Distance and Power consumption algorithm*), é apresentado em Sinha and Barman (2012). Neste modelo, os sensores da rede são agrupados em *clusters*, e em cada *cluster* os dados de comunicação são agregados para reduzir o número de transmissões para a estação base, conseqüentemente reduzindo o consumo de energia. Este algoritmo de encaminhamento é baseado em interações. Cada interação é compreendida pelas fases de configuração e transmissão. Na fase de configuração, os nós principais são escolhidos, e na fase de transmissão, os nós escolhidos farão a agregação dos dados a serem transmitidos para a estação base. É, também, realizada uma análise do consumo elétrico para cada nó e para a rede como um todo com a finalidade de prolongar o tempo de vida útil da rede de sensores. Para o encaminhamento de pacote do nó fonte ao nó destino é utilizado o critério de caminho mais curto. Em seguida, é feita a atualização, adicionando e eliminando os nós de sensores.

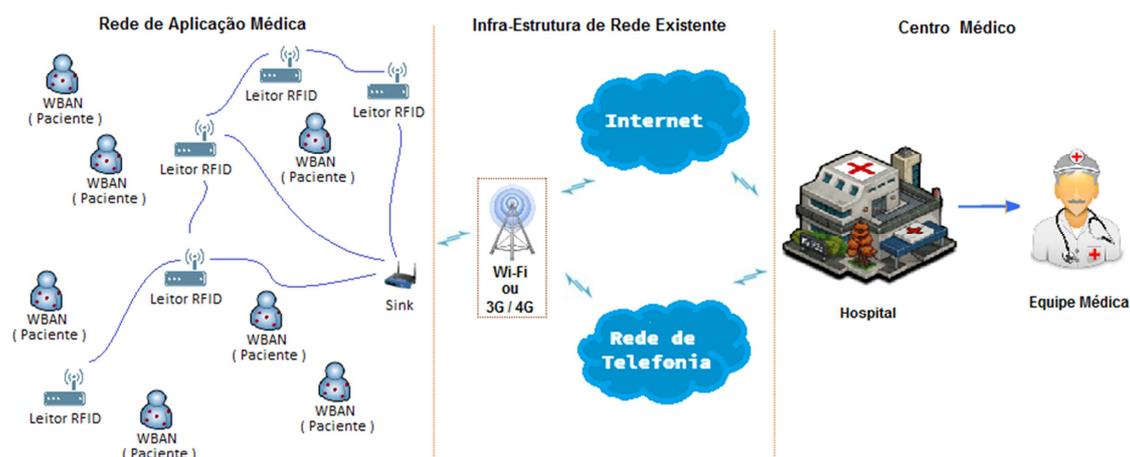
A técnica de encaminhamento denominada de GBR (*Gradient Based Routing*) apresentada em Schurgers e Srivastava (2001) é baseada na técnica de gradiente, utilizada, também, em outros protocolos de encaminhamento *ad hoc*. Nessa abordagem, utiliza-se um índice de gradiente que é baseado na qualidade de um nó possuir uma quantidade mínima de saltos até o nó *sink*. O quantitativo de gradiente, neste contexto, é calculado pela diferença de pesos de um nó com o seu vizinho. Os pacotes de dados são preferencialmente encaminhados nos *links* de maior gradiente. Com o intuito de aumentar a eficiência da rede, técnicas auxiliares também são destacadas para este modelo de encaminhamento, tal como a agregação de dados e técnicas complementares de difusão de pacotes. Para a agregação de dados, os nós mais próximos ao ponto de

comunicação são propensos a se tornarem Entidades de Combinação de Dados (DCE – *Data Combining Entity*) que permitem a compactação de dados. Nas técnicas de difusão de pacotes são utilizadas a seleção aleatória de pulso no caso de empate (*stochastic scheme*), a de estimativa de energia (*energy-based scheme*) e a de fluxos de dados (*stream-based scheme*). Estas técnicas colaboram para alcançar uma distribuição mais uniforme de tráfego por toda a rede, equilibrando as cargas dos nós de rede, e aumentando o tempo de vida da rede.

### 3. Proposta de Trabalho

As técnicas de encaminhamento discutidas na seção 2, principalmente para redes sem fio *ad hoc*, são baseadas no fato de que os nós dessas redes podem estar em constante movimento ou em situações que estes nós, simplesmente, saem da circulação por motivos de falha ou por falta de energia. Assim, as técnicas de encaminhamento devem ser bastante robustas e privilegiar vários caminhos alternativos. No caso das redes de aplicações médicas, existem outras características que devem ser levadas em conta para propor técnicas de encaminhamento.

A Figura 1 mostra a configuração geral de uma rede de aplicação médica.



**Figura 1. Configuração geral de uma Rede de Aplicação Médica.**

Pode-se observar que na Figura 1 a rede está dividida em três partes: uma parte correspondente a rede de aplicação médica propriamente dita, uma outra parte de infraestrutura de rede existente e, por fim, a parte do centro médico onde os dados serão processados. Na parte de rede de aplicação médica, ocorre, inicialmente, a monitoração dos pacientes por meio das WBANs, instaladas em cada paciente, que coletam os dados indicadores de saúde. Os dados dos pacientes são coletados das WBANs através de leitores RFIDs (*Radio Frequency Identification*) que atuam cooperativamente para transferir os dados até o nó *sink*, e, através da infraestrutura existente, são encaminhados ao centro médico. Na parte denominada de Infraestrutura de Rede Existente estão disponibilizadas as possíveis tecnologias existentes para fins de envio dos dados coletados. E, por fim, na parte denominada como Centro Médico estão disponíveis os meios necessários para o acompanhamento remoto das condições de saúde dos pacientes monitorados.

O objetivo deste trabalho é estudar o problema de encaminhamento de pacotes (dados dos pacientes) na parte de rede de aplicação médica.

Para o caso das redes de aplicações médicas, os leitores RFIDs não terão muita mobilidade, serão ocasionalmente recolocados em diferentes lugares para uma melhor leitura de dados da WBAN. Além disso, os leitores devem se cooperar para que os pacotes alcancem um nó final (*sink*) de pouca mobilidade que possibilitará acesso ao centro médico ou hospital. Entretanto, as redes de aplicação médica necessitam que os dados sejam transmitidos com bastante rapidez, quase em tempo real, e com bastante segurança e confiabilidade.

A técnica de encaminhamento de pacotes proposta neste trabalho para redes de aplicação médica utilizará, como critério de escolha de percurso, o caminho de menor atraso em toda rede. Para estimar o atraso do pacote em cada nó, serão feitas as medições da taxa de entrada e de comprimento de pacotes em cada nó, e será utilizada uma fila simples do tipo M/M/1 para calcular a estimativa de atraso. As medições serão feitas periodicamente, em intervalos pequenos, e cada nó atualizará a sua tabela de atrasos e transmitirá aos nós vizinhos. Após várias iterações, cada nó terá uma tabela contendo os atrasos dos nós vizinhos. Cada nó utilizará a tabela atualizada para encaminhar cada pacote, escolhendo o caminho de menor atraso.

Para a verificação da eficácia do esquema proposto, a técnica de encaminhamento proposta será implementada em exemplos de redes de certa complexidade. Serão feitas, também, comparações com outros tipos de encaminhamento descritos na literatura. O pacote de software de simulação de eventos discretos OMNeT++ abordado em Varga e Hornig (2008) será utilizado para auxiliar na validação e nas comparações da técnica de encaminhamento proposta com as demais técnicas em estudo nesta área.

## Referências

- Yang, D., Liu, F., Liang, Y. (2010) “A Survey of the Internet of Things.” *International Conference on E-Business Intelligence (ICEBI-2010)*, Advances in Intelligent Systems Research. Atlantis Press, p. 358 – 366.
- Serafim, E. and Motoyama, S.(2014) “A Network Structure for Medical Assistance in Rural and Urban Areas Using IoT Technology” *International Conference on Wireless Networks*, ICWN2014, Las Vegas, p. 42-46.
- Misra, P. (1999) “Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks.” *Computer Science Department*, The Ohio State University.
- Cordeiro, C. M and Agrawal, D. P. (2011) “*Ad Hoc and Sensors Networks – Theory and Applications*”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., p. 18-41.
- Varga, A. and Hornig, R. (2008) “An Overview of the OMNeT++ Simulation Environment”. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Simulation Tools and Techniques for Communications, Networks, and Systems & workshops*, March 2008, Marseille, France.
- Schurgers, C. and Srivastava, M.(2001) “Energy efficient routing in wireless sensor network” *MILCOM Proceedings on Communications for Network-Centric Operations: Creating the Information Force*, McLean, VAC.
- Sinha, J. and Barman, S.(2012) “Energy efficient routing in wireless sensor network” *1<sup>st</sup> int’l Conf. on Recent Advances in Information Technology*.

# Mobile Learning para apoio ao ensino de Lógica Proposicional

Andrew Rabelo Ruiz<sup>1</sup>

Programa de Iniciação Científica – Graduação em Ciência da Computação

<sup>1</sup>Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)

Rua Guatemala, 167 - Campo Limpo Paulista – SP – 13231-230 – Brasil

drewrruiz@gmail.com

**Abstract.** *Mobile Learning is teaching and learning through the use of mobile devices such as cell phones, smartphones, tablets and notebooks. Its main idea is to prioritize the mobility of individuals and provide a more dynamic and flexible learning, which makes it a great resource for the needs of higher education. This paper proposes an application for Android that assists in the process of learning Propositional Logic.*

**Resumo.** *Mobile Learning consiste no ensino e aprendizado através do uso de dispositivos móveis, como celulares, smartphones, tablets e notebooks. Sua idéia principal é priorizar a mobilidade dos indivíduos e proporcionar um aprendizado mais dinâmico e flexível, o que o torna um ótimo recurso para as necessidades do Ensino Superior. Este trabalho apresenta um aplicativo para Android que auxilie no aprendizado de Lógica Proposicional.*

## 1. Introdução

A evolução e disseminação das tecnologias móveis causaram mudanças significativas em diversas atividades humanas, inclusive na educação. Um dos produtos destas mudanças é o *Mobile Learning* (M-learning) [Brawn e Haag, 2011]. Esta denominação é dada ao processo de aprendizagem que envolve o uso de uma tecnologia inteiramente móvel por um usuário que aprende em qualquer local que permita a seu dispositivo uma transmissão contínua de dados. *M-Learning* abre novas possibilidades, alterando paradigmas pré-estabelecidos, incentivando a abandonar as limitações das maneiras tradicionais das atividades de ensino, estudo, comunicação e criação. *M-Learning* representa o comportamento e a cultura de uma nova sociedade naturalmente inclinada à curiosidade e à busca pelo conhecimento [El-Hussein e Cronje, 2010].

Hoje em dia, muitos dispositivos tecnológicos são produzidos em formato móvel e as pessoas estão cada vez mais acostumadas a eles. Segundo Attewell e Savill-Smith (2005), celulares e *tablets* vêm-se mostrando ferramentas perfeitamente aptas para fins educacionais e estão substituindo os computadores pessoais enquanto suporte tecnológico de estudo dentro do ambiente acadêmico, flexibilizando as formas de estudo até então limitadas a locais específicos como salas de aula, laboratórios, bibliotecas e salas de leitura, e conferindo aos estudantes uma relação mais informal, democrática e criativa com seu objeto de estudo.

O emprego do *Mobile Learning* no Ensino Superior é recente e a substituição de computadores pelas novas tecnologias incide de maneira progressiva. Com o uso destas tecnologias o foco é a aprendizagem através da descoberta e a resolução de problemas, tudo sustentado por práticas pedagógicas inovadoras, dinâmicas e colaborativas. [Freitas, 2008]. Neste cenário, a geração atual de desenvolvedores de soluções deve levar em consideração boas práticas de desenvolvimento, sobretudo na adequação desses dispositivos móveis para a transmissão de conteúdos educacionais, pois seu próprio *design* pode contribuir com os resultados esperados.

Este artigo apresenta um aplicativo que está sendo desenvolvido para auxiliar no aprendizado da disciplina Lógica. O desenvolvimento do aplicativo está inserido em um projeto cujo objetivo é analisar a utilização do *M-Learning* no Ensino Superior, sobretudo em relação às vantagens obtidas, desafios encontrados para o seu emprego e as boas práticas para desenvolver soluções eficientes.

O desenvolvimento deste aplicativo foi motivado pelo número de alunos com dificuldades no aprendizado dos conceitos básicos de Lógica nos cursos de Computação de uma Faculdade brasileira ao longo dos últimos anos.

Na Seção 2 deste artigo é apresentado um panorama geral das pesquisas e atividades que estão sendo desenvolvidas para melhorar o ensino-aprendizado de Lógica no Ensino Superior. A Seção 3 apresenta o aplicativo que está sendo desenvolvido e finalmente a Seção 4 apresenta algumas considerações finais.

## 2. Ensino de Lógica

A Lógica tem um papel fundamental na Ciência da Computação, em particular para disciplinas como algoritmos, arquitetura de computadores, programação, banco de dados, engenharia de software e inteligência artificial [Myers, 1990]. Mas nem sempre os conceitos básicos associados com a Lógica Proposicional e a Lógica de Primeira Ordem conseguem ser assimilados pelos alunos. A Lógica representa um desafio tanto para os professores quanto para os alunos.

Pesquisadores tem concentrado seus esforços na proposta de metodologias de ensino, novas abordagens [Makowsky, 2015; Zamansky and Farchi, 2015] e ferramentas computacionais para melhorar o ensino de Lógica [Huertas et all, 2011; Dostálová and Lang, 2007]. A partir de 2011, pesquisadores se reúnem anualmente no congresso internacional *Tools for Teaching Logic* (TTL) com o intuito de discutir a problemática do ensino de Lógica.

Associações como a *Association for Computing Machinery* (ACM) e a *Association of Symbolic Logic* (ASL) têm grupos cujo objetivo é o estudo e o ensino de Lógica: o *Special Interest Group on Logic and Computation*<sup>1</sup> (SIGLOG) da ACM e o *Committee on Logic Education*<sup>2</sup> da ASL.

Apesar de todos os esforços, o ensino de Lógica em cursos do Ensino Superior continua sendo um desafio. No decorrer dos últimos anos, professores que lecionam as

---

<sup>1</sup> <http://siglog.hosting.acm.org/>

<sup>2</sup> <http://www.ucalgary.ca/aslcle/>

disciplinas de Lógica e Matemática Discreta para os cursos de Ciência da Computação e Sistemas de Informação de uma Faculdade brasileira vêm percebendo que uma grande parcela dos alunos apresenta dificuldades no aprendizado destas disciplinas e as dificuldades começam já com os conceitos básicos de Lógica Proposicional.

As dificuldades estão fortemente ligadas à abstração de conceitos e deficiências em interpretação de texto. Além do que, é possível inferir que há também uma carência de organização nas tarefas de estudo e a necessidade de maior orientação no aprendizado.

### 3. Sobre o aplicativo

Levando em consideração dificuldades tanto dos professores para ministrar os conceitos básicos de Lógica quanto dos alunos e o potencial de usar dispositivos móveis em educação, surgiu a ideia de desenvolver um aplicativo que auxilie no aprendizado desses conceitos básicos.

Com base nas experiências prévias dos professores, foi feito um levantamento de natureza qualitativa das dificuldades dos alunos e como resultado desse levantamento segue abaixo, na Tabela 1, uma descrição específica das dificuldades dos alunos e a proposta do aplicativo para ajudar a superá-las.

**Tabela 1: Dificuldades dos alunos e ajuda a ser fornecida pelo aplicativo**

<b>Dificuldade</b>	<b>Proposta do aplicativo</b>
Simbolizar um texto utilizando proposições atômicas	Exemplos de identificação das proposições atômicas presentes em um texto. Fornecendo dicas para identificá-las e sublinhando-as para destacá-las. Além dos exemplos, haverá exercícios para resolução com correção automática.
Compreender a estrutura de uma expressão lógica	Explicação dos componentes que formam uma expressão (sentença atômica, sentença composta, conectivos, etc.)
Escrever expressões corretamente	Algoritmo que valide a expressão, analisando sua sintaxe e garantindo que os parênteses estejam balanceados. Este algoritmo estará presente em todo momento que o usuário informe uma expressão.
Considerar prioridades nas expressões	Destacar os diferentes fragmentos que compõem uma expressão através de recursos gráficos, isto é, destacar cada par de parênteses com uma cor diferente, ou até mesmo o conteúdo inteiro dentro destes. As cores estarão diretamente relacionadas com prioridades.  Visualizar a expressão em uma estrutura de árvore. Estes recursos estarão presentes nos mesmos pontos que a funcionalidade anterior e também nas exposições de conceitos.

Gerar tabela verdade das expressões	Exemplos das tabelas verdades de cada um dos conectivos lógicos (e, ou, condicional, etc.) e de algumas expressões. Além de exercícios para resolução com correção automática.
Compreender o conteúdo e assimilá-lo de forma acumulativa	Fornecedor dicas e explicações com associações entre os diferentes conteúdos. Utilizando uma linguagem simples, direta e com termos do cotidiano do aluno.

O usuário do aplicativo poderá consultar sobre o conteúdo de Lógica Proposicional que será dividido em tópicos, que poderão ser acessados de maneira não linear conforme a necessidade. Cada tópico possuirá uma explicação resumida, exemplos e exercícios para resolução (com dicas de resolução e correção automática).

O aplicativo também conterà uma calculadora lógica e para diferenciar-se das demais calculadoras do gênero que podem ser encontradas nas *Play Stores*, ela possuirá integrados recursos que permitem destacar cada par de parênteses das expressões lógicas com uma cor diferente ou até mesmo o conteúdo inteiro dentro destes, obter textos informativos para os botões e visualizar as expressões lógicas em uma estrutura de árvore (Figura 1).

Atualmente o aplicativo já está em fase de desenvolvimento. A implementação é para o sistema operacional Android, utilizando a linguagem de programação JAVA e o ambiente de desenvolvimento integrado Android Studio. Várias questões estão sendo levadas em consideração no desenvolvimento, como a heterogeneidade de dispositivos que executarão o aplicativo, o que implica em diferentes capacidades de processamento, tamanhos de telas, versões do Android, entre outros itens. É necessário que o aplicativo seja leve e se adéque aos diferentes hardwares e sistemas operacionais.

Vale ressaltar que, como já foi mencionado neste artigo, o objetivo deste aplicativo é auxiliar no aprendizado, complementando o conteúdo ministrado em sala de aula, pois *Mobile Learning* deve agregar valores aos meios tradicionais e não substituí-los.

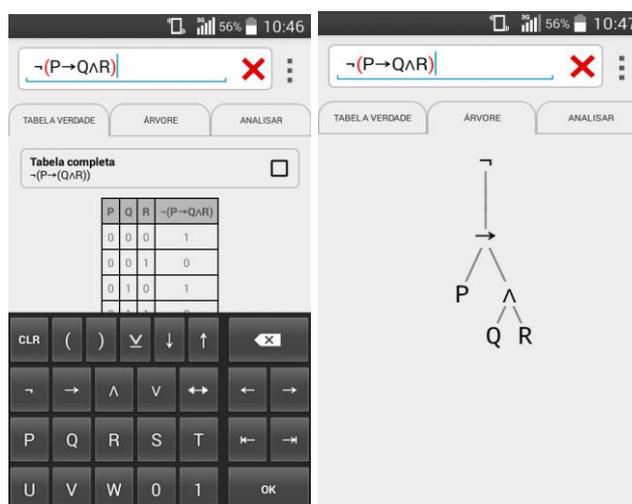


Figura 1. Tela da calculadora lógica do aplicativo e visualização da expressão em uma estrutura de árvore.

#### 4. Considerações finais

Após a finalização da implementação do aplicativo, este será testado e avaliado nos cursos de Computação. As avaliações serão de dois tipos, uma referente à usabilidade e a outra referente à utilidade do aplicativo como ferramenta de apoio. Uma vez solucionados os possíveis problemas de projeto do aplicativo deve ser avaliada a contribuição real do aplicativo no entendimento dos conceitos básicos de Lógica Proposicional.

Levando em consideração que uma boa capacidade de abstração e raciocínio são fundamentais para um bom desempenho no Ensino Superior, o aplicativo também será usado experimentalmente em outros cursos como o de Direito, esperando que possa contribuir também em outras áreas além da Computação e a Matemática.

#### 5. Referências

- Attewell, J; Savill-Smith, C. (2005). “Mobile Learning Anytime Everywhere”, <http://www.m-learning.org/docs/MLEARN%202004%20book%20of%20conference%20papers.pdf>, junho 2015.
- Brown, J; Haag, J. (2011). “Mobile Learning Handbook”, <http://www.adlnet.org/wp-content/uploads/2011/08/MLHandbook20110809.pdf>, junho 2015.
- Dostalálová, L. e Lang, J. (2007) “ORGANON - The Web Tutor for Basic Logic CoursesLogic”. Em: Journal IGPL2007 15 (4): 305-311. Oxford University Press.
- El-Hussein, M. O. M; Cronje, J. C. (2010). “Defining Mobile Learning in the Higher Education Landscape”, [http://ifets.info/journals/13\\_3/3.pdf](http://ifets.info/journals/13_3/3.pdf)
- Freitas Da Conceição, H. C. (2008) “O Mobile-Learning e os dispositivos tecnológicos portáteis”, [http://www.uc.pt/fmuc/gabineteeducacaomedica/fichaspedagogicas/Essencia\\_09](http://www.uc.pt/fmuc/gabineteeducacaomedica/fichaspedagogicas/Essencia_09), Junho 2015.
- Huertas, A., Humet, J. M., López L., Mor, E. (2011) “SELL Project: A Learning Tool for E-Learning Logic”. Em: Lecture Notes in Computer Science. V; 6680(11), p 123-130.
- Makowsky, J. A. (2015) “Teaching Logic for Computer Science: Are We Teaching the Wrong Narrative?” In: Proceedings Tools for Teaching Logic 2015, Bill Editors, p. 1-9.
- Myers, P. J. Jr. (1990) “The central role of mathematical logic in computer science”. In: SIGCSE '90 Proceedings of the twenty-first SIGCSE technical symposium on Computer science education, p. 22-26.
- Zamansky, A. e Farchi, E. “Teaching Logic to Information Systems Students: Challenges and Opportunities”. Em: Proceedings Tools for Teaching Logic 2015, Bill Editors, p. 273-279.

# Uma Análise de Estudos sobre Eficiência e Avaliação da Metodologia *WebQuest*

Sergio Santos Silva Filho<sup>1,2</sup>, Rodrigo Bonacin<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Computação - Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)  
Rua Santa Rita, 148 - 78.780-000 – Alto Araguaia – MT - Brasil

<sup>2</sup>Mestrado em Ciência da Computação - Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)  
R. Guatemala, 167 – 13.231-230 - Campo Limpo Paulista, SP - Brasil

<sup>3</sup>Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI  
Rodovia Dom Pedro I, Km 143,6 - 13069-901, Campinas, SP - Brasil

[santos@unemat.br](mailto:santos@unemat.br), [rodrigo.bonacin@cti.gov.br](mailto:rodrigo.bonacin@cti.gov.br)

**Abstract.** *The WebQuest methodology use Web resources to stimulate learning processes. This paper presents a review of studies focusing on two key themes that demands further research: efficiency of WebQuest methodology and evaluation of learning during WebQuests sessions. We selected 18 articles from indexed databases; they were analyzed and tabulated according to their objectives, advantages and limitations. The paper also presents research challenges based on the analyzed studies.*

**Resumo.** *A metodologia WebQuest utiliza recursos da Web para estimular a aprendizagem. Este artigo apresenta uma revisão de estudos em dois temas chaves que demandam pesquisas aprofundadas: a eficiência da metodologia e a avaliação da aprendizagem em sessões de WebQuests. A partir de buscas em bases indexadas, foram selecionados 18 artigos para análise e tabulados de acordo com seus objetivos, pontos fortes e limitações. O artigo também apresenta desafios de pesquisas com base nos artigos analisados.*

## 1. Introdução

Recursos da Web têm grande potencial para serem aplicados em atividades de ensino. Entretanto, atividades de pesquisa na *Web* não devem estar restritas a cópia pura e simples da informação encontrada, prática popularmente conhecida como “Copiar e Colar” [Alves *et al.* 2004]. Neste cenário, é necessário que os educadores reflitam sobre estratégias de utilização de recursos da Web, buscando facilitar o processo de transformação da informação em conhecimento, não apenas reproduzindo ideias, conceitos e conteúdos já existentes [Silva 2006]. Pensando em resolver desafios como esse, desde o ano de 1995, [Dodge 1995] propõe reunir um conjunto de atributos desejáveis e dar um nome a técnica de ensino baseada na Internet, chamando-a de metodologia *WebQuest* (WQ).

A metodologia WQ consiste em um tipo de atividade didática, baseada em pressupostos construtivistas de ensino e aprendizagem. A WQ pode ser fundamentada em técnicas de trabalho em grupos, por projetos e em investigação; com atividades

(tarefas), voltadas para o desenvolvimento cognitivo, fazendo uso da Web como um recurso educacional [Adell 2004]. Este artigo apresenta uma análise com trabalhos relacionados a dois temas chaves para a utilização da metodologia WQ: (1) a eficiência de aprendizado por alunos com a metodologia; e (2) a avaliação da estrutura da metodologia. O objetivo é reunir estudos, analisar o estado da arte nesses temas, levantar desafios e direcionar trabalhos.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o método de revisão, seleção e análise dos trabalhos; a Seção 3 apresenta a revisão sobre a metodologia WQ com trabalhos relacionados a sua eficiência no aprendizado e propostas de avaliação; e a Seção 4 discute os trabalhos apresentados e conclui o artigo.

## 2. Método de Revisão, Seleção e Análise

Foram elegíveis nesta pesquisa publicações científicas publicadas em qualquer ano incluindo artigos, dissertações e teses relacionadas com desenvolvimento e resultados da aplicação da metodologia WQ. Esses trabalhos foram obtidos nas seguintes bases científicas: Google Acadêmico<sup>1</sup>; Portal de Periódico da CAPES<sup>2</sup>; *Scientific Electronic Library Online - SciELO*<sup>3</sup>; *ScienceDirect*<sup>4</sup>; *Scopus*<sup>5</sup>, *IEEE Xplore*<sup>6</sup>, *ACM DL - Association for Computer Machinery Digital Library*<sup>7</sup>, *Springer*<sup>8</sup> e Anais do CBIE/SBIE<sup>9</sup>. Além disso, também foram considerados repositórios digitais da Universidade do Minho; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Estadual de Campinas e Universidade de São Paulo.

O processo de busca e seleção de artigos seguiu os seguintes passos: (1) Busca nas bases científicas utilizando as seguintes palavras chaves nos idiomas inglês e português: *webquest*, *evaluation* e *rubric*; (2) Pré-seleção de artigos baseada na análise dos títulos e resumos de acordo com a proximidade de assuntos e métodos com os temas abordados neste artigo; (3) Obtenção da versão completa dos artigos, leitura integral do texto e categorização, neste ponto alguns artigos foram descartados (*e.g.*, relatos de experiência simples, apresentação de ferramentas e artigos onde WQ era aspecto secundário); (4) Síntese dos resultados, avaliação crítica, exclusão de trabalhos com resultados poucos relevantes e tabulação dos objetivos, pontos fortes e limitações de cada trabalho; e (5) Escolha de trabalhos a serem apresentados e discutidos neste artigo, para tanto foram selecionados os artigos com contribuições consideradas mais concretas nos assuntos analisados pelos autores.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de artigos retornados utilizando três *strings* de busca, bem como a quantidade em cada um dos passos de seleção e análise distribuídos por base indexada. A busca foi realizada no mês de junho de 2015.

---

<sup>1</sup> <https://scholar.google.com.br/>

<sup>2</sup> <http://www.periodicos.capes.gov.br/>

<sup>3</sup> <http://www.scielo.br/>

<sup>4</sup> <http://www.sciencedirect.com/>

<sup>5</sup> <http://www.scopus.com/>

<sup>6</sup> <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

<sup>7</sup> <http://dl.acm.org/>

<sup>8</sup> <http://link.springer.com/>

<sup>9</sup> <http://www.br-ie.org>

Tabela 1 – Quantidade artigos selecionados no processo de busca

Nome das bases	Passo 1			Passo 2	Passo 3	Passo 4	Passo 5
	a.	b.	c.				
Google Acadêmico	18.600	8.210	2870	18	11	10	7
Portal de Periódico da CAPES	1.005	395	18	4	-	-	-
<i>Scientific Electronic Library Online - SciELO</i>	14	5	-	5	3	2	1
<i>ScienceDirect</i>	152	106	26	3	-	-	-
<i>IEEE Xplore</i>	25	4	1	4	4	2	1
<i>ACM Digital Library</i>	173	119	23	2	-	-	-
<i>Springer</i>	214	437	338	2	-	-	-
<i>ERIC - Education Resources Information Center</i>	198	42	15	7	5	3	2
Anais do CBIE/SBIE	3	-	-	1	1	1	1
Universidade do Minho	62	5909	5910	7	4	4	3
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	45	7	-	12	8	5	3
Universidade Estadual de Campinas	1	-	-	-	-	-	-
Universidade de São Paulo	2	-	-	-	-	-	-

a. Pesquisa realizada com palavra-chave: *webquest*.

b. Pesquisa realizada com palavras-chave: *webquest, evaluation*.

c. Pesquisa realizada com palavras-chave: *webquest, evaluation, rubric*.

### 3. Revisão sobre a metodologia *WebQuest*

Os trabalhos foram distribuídos em duas categorias a seguir: a Seção 3.1 apresenta trabalhos que estudam a eficiência de WQ no aprendizado e a Seção 3.2 apresenta trabalhos sobre propostas de avaliação da metodologia de WQs.

#### 3.1. Eficiência no aprendizado dos alunos com WQ

A busca por trabalhos desta categoria levantou revisões da literatura realizadas previamente por outros autores. [Bottentuit Jr & Santos 2014], por exemplo, realizaram uma revisão sistemática de 38 dissertações de língua portuguesa. Os autores relataram que grande parte dos trabalhos estudados aponta para testes sobre a qualidade da aprendizagem nas mais diversas disciplinas e níveis de ensino.

Entre os trabalhos analisados, vários destacam estudos em atividades específicas de disciplinas no ensino básico ou médio. [Sampaio & Coutinho 2008], por exemplo, realizaram pesquisa sobre a utilização da metodologia WQ com 16 estudantes do último ano do ensino médio. Essa pesquisa focou no ensino de conceitos matemáticos relacionados ao tema “Infinito”. A pesquisa relata ganho de aproximadamente 22% no desenvolvimento de habilidades de organizar, criar e sintetizar informações. Já [Silva & Bottentuit Jr 2014] realizaram pesquisa sobre a utilização da metodologia WQ da terceira série do ensino médio. O estudo sugere que a utilização da WQ associada com recursos da Web 2.0 pode servir de estímulo em atividades de autoria, criatividade e trabalho colaborativo; facilitando assim o processo ensino-aprendizagem.

Em [Bottentuit Jr *et al.* 2006a] são apresentadas pesquisas sobre a utilização da metodologia WQ aplicada à área de ciências, com alunos do quinto ano. O principal objetivo do estudo foi associar a utilização da tecnologia *m-learning* com WQ e verificar suas possibilidades. Os resultados apontam para uma maior possibilidade de aprendizagem em função da mobilidade, contribuindo para atividades mais práticas e de forma mais colaborativa. Na continuidade do estudo, [Bottentuit Jr. *et al.* 2006b]

utilizaram as rubricas de avaliação proposta por [Bellofatto *et al.* 2001], conseguindo assim determinar a qualidade das WQ avaliadas.

No ensino superior, [Bottentuit Jr & Coutinho 2010] realizaram pesquisa com 56 alunos do curso de Pedagogia e 34 alunos do curso de Ciências Contábeis. Nesse estudo foram elaboradas 10 WQs relacionadas a conceitos como meio ambiente, aquecimento global, construção de mapas e turismo. Os resultados sugerem que a estratégia foi bem recebida e que foi possível proporcionar o desenvolvimento de habilidades e competências de análise, pesquisa e trabalho em grupo.

A Tabela 2 apresenta uma síntese dos trabalhos considerados mais significativos para a categoria abordada nesta subseção. A Tabela apresenta de forma breve os objetivos de cada trabalho, principais pontos fortes, principais limitações e referências.

**Tabela 2 – Síntese de trabalhos relacionados ao aprendizado de alunos com WQ**

	<b>Objetivos</b>	<b>Pontos Fortes</b>	<b>Limitações</b>	<b>Referência</b>
1.	Realizar uma revisão sistemática sobre a metodologia WQ em dissertações.	Foram analisadas 38 dissertações com estudos empíricos com alunos e professores em escolas, universidades e centros de formação profissional.	Não foram analisados problemas com a elaboração das WQ.	[Bottentuit Jr. & Santos, 2014].
2.	Realizar um experimento de aplicação da metodologia WQ no ensino de conceitos matemáticos.	Constatou um ganho de aproximadamente 22% no desenvolvimento de habilidades de organização, síntese, criação, pensamento crítico, raciocínio científico e trabalho cooperativo.	A experiência foi com apenas 16 estudantes. Não foram analisados problemas com a elaboração das WQ	[Sampaio e Coutinho, 2008]
3.	Realizar duas experiências de aplicação da metodologia WQ com alunos do curso de Licenciatura em Pedagogia e alunos do curso de Bacharelado em Ciências Contábeis.	Os resultados sugerem que a estratégia foi bem recebida pelos alunos de ambos os cursos. E proporcionou aquisição e desenvolvimento de um conjunto de habilidades e competências no nível de análise, pesquisa e trabalho em grupo.	Não foram analisados problemas com a elaboração das WQ.	[Bottentuit Jr. e Coutinho, 2010]
4.	Realizar uma experiência de uso prático da metodologia WQ na disciplina de literatura, para uma turma de alunos da terceira série do ensino médio.	Foi possível constatar estímulo a autoria, criatividade e o trabalho colaborativo, facilitando o redimensionando, e assim o processo ensino-aprendizagem	Apresentou apenas um testemunho com um caso prático que comprove a eficiência da metodologia.	[Silva & Bottentuit Jr., 2014]
5.	Apresentar conceitos iniciais relacionados uma a atividade de ensino baseada em WQ no ensino fundamental.	Apresenta vantagens e desvantagens de utilização da metodologia <i>WebQuest</i> .	Estudo não apresenta resultados experimentais.	[Zhou & Zhu, 2010]
6.	Investigar o efeito de duas abordagens de aprendizagem colaborativa, em alunos da sétima série, de uma escola pública.	Foi implementado utilizando a metodologia WQ no ensino de ciências.	Não houve diferenças na aprendizagem ao comparar as abordagens	[Zacharia, Xenofontos e Manoli, 2011]
7.	Investigar os efeitos e a utilidade de WQs para aprimoramento do pensamento crítico do professor, engajamento, criatividade, na aprendizagem de alunos do ensino fundamental, de uma escola pública da Cingapura.	No pré-teste 89% dos professores não conheciam a metodologia WQ. Após conhecê-la, 98,22% acharam WQ útil para acomodar diferenças individuais e estilos de aprendizagem.	Estudo de pequeno porte, com amostra de 28 participantes, com poucos professores do ensino fundamental e educação especial.	[Yang, C. H; Tzuo, P. W.; Higgins, H & Tan, C. P. Y., 2012]
8.	Propor um estudo sobre a aplicação da metodologia WQ com base no modelo de ciclo de aprendizagem autorregulado, para auxiliar na aprendizagem dos alunos em Taiwan.	Pesquisa experimental realizada com seis classes de alunos, sendo que três classes foram atribuídas como o grupo experimental (método autocontrole) e as outras três classes foram consideradas como o grupo de controle.	Trata-se de um estudo de médio porte, com amostra de 193 participantes, sendo eles alunos da sexta série.	[Hsien, S. H.; Chung, C. T.; Chien, Y.L.& Chih, C. L., 2012]

### 3.2. Propostas de avaliação da metodologia WQs

Um aspecto importante na avaliação de WQs é a distinção entre WQs e *WebExercises*. Esta distinção é normalmente baseada nos níveis cognitivos de [Bloom 1956].

[Bottentuit Jr & Coutinho 2008], por exemplo, avaliaram 483 WQs em língua portuguesa, sendo que apenas 41% foram consideradas verdadeiras WQs; enquanto 59% são simples folhas de exercícios com o formato de WQ. De acordo com Dodge (2006), em *WebExercises* são propostas atividades simples, com pouca reflexão e interatividade na elaboração. Um *WebExercise* não possibilita ao aluno a produção do conhecimento, pois não contemplam o processo de análise, síntese e avaliação [Dodge 1995].

Posteriormente, [Bottentuit Jr 2009] apresentou uma análise onde foi possível verificar falhas na elaboração de WQ, tanto em aspectos associados à usabilidade, quanto a classificação como *WebExercises*. O autor sugere que antes de serem disponibilizadas, as WQs sejam avaliadas, para que possam atender às exigências mínimas de qualidade. Ele ainda recomenda que para esta avaliação, os autores respeitem regras para escrever boas WQs e que façam uso de rubricas, conforme estudos propostos por [Dodge 1998] e por [Bellofatto *et al.* 2001].

Conforme destacam estudos de [Vieira & Grahl 2008], vários sistemas de WQs apresentam problemas quanto ao idioma local e a capacidade de avaliação e gerenciamento simultâneo de WQs. Os autores apresentaram proposta de um editor que permite a avaliação e gerenciamento de WQs por meio de questões previamente cadastradas no sistema. Já [Gülbahar *et al.* 2010] desenvolveram um sistema para gerenciamento de WQs e através de avaliações por questionários, investigaram efeitos da sua utilização com 92 alunos de vários cursos. Os resultados sugerem um ganho na utilização e o favorecimento de atividades colaborativas.

Rubricas são comumente utilizadas para avaliar WQs, elas possibilitam a classificação por critérios específicos a serem utilizados em atividades de avaliação. Estudos de [Unal, *et al.* 2012] caracterizaram e avaliaram a confiabilidade de várias propostas de rubricas existentes na literatura. A partir desses estudos foi possível reunir e utilizar pontos fortes para criar uma rubrica mais abrangente e aceitável, do ponto de vista de usabilidade. Tal rubrica leva em consideração aspectos técnicos, pedagógicos e estéticos das WQs, bem como características dos alunos.

A taxonomia de Bloom tem sido constantemente referenciada como meio para avaliar WQs, [Paiva & Padilha 2012], por exemplo, realizaram estudos sobre a elaboração e avaliação de WQs e sua conformidade com a taxonomia. Eles investigaram os efeitos das tarefas com 1 professor e 23 alunos do curso de Letras. Para a realização da avaliação foram elaborados questionários qualitativos. Os resultados sugerem que muitas WQs analisadas não seguem padrões mínimos de qualidade, no que se refere a Taxonomia de Bloom, caracterizando-as como simples *WebExercises*. Outros trabalhos como o de [Silva Neto *et al.* 2014] focam na qualidade das WQs por meio do uso de padrões. O estudo sugere que através da simplicidade da utilização da metodologia WQ, com a rigorosa e detalhada especificação do padrão LMS-LD<sup>10</sup>, podem proporcionar maior qualidade na elaboração de objetos de aprendizagem.

A Tabela 3 apresenta uma síntese dos trabalhos analisados que desenvolveram estudos sobre WQ do ponto de vista de qualidade e que trouxeram resultados relacionados a avaliações. A tabela apresenta de forma breve os objetivos de cada trabalho, principais pontos fortes, principais limitações e referências.

---

<sup>10</sup> LMS: *Learning Management Systems - Learning Design*

Tabela 3 – Síntese de Trabalhos Relacionados a avaliação de WQs.

Objetivos	Pontos Fortes	Limitações	Referência
1. Identificar padrões mínimos de qualidade no nível dos componentes e da usabilidade.	Foram recenseadas e analisadas 483 WQs. A avaliação incidiu sobre os componentes e sobre alguns indicadores associados à usabilidade.	Não foram apresentados resultados relativos à aprendizagem.	[Bottentuit Jr. & Coutinho, 2008]
2. Apresentar um protótipo que permite a criação e o gerenciamento de WQs e que possibilite aplicação de avaliações com questões previamente cadastradas.	Apresenta o protótipo implementado e algumas ferramentas existentes.	Foram apresentadas apenas as ferramentas e protótipo sem resultados de análise sobre a utilização.	[Vieira & Grahl, 2008]
3. Identificar padrões mínimos de qualidade no nível dos componentes e da usabilidade.	Com a análise, foi possível verificar que os resultados indicam que 41% das WQs analisadas eram verdadeiras WQs. As demais eram <i>WebExercises</i> .	A avaliação incidiu apenas sobre os componentes e sobre alguns indicadores associados à usabilidade.	[Bottentuit Jr., 2009].
4. Apresentar o desenvolvimento de um sistema chamado “Web Macerasi”, que possibilita um gerenciamento (edição) de WQ e também possibilita avaliá-la.	Estudo de caso trazendo aspectos quantitativos e qualitativos.	Não foram apresentados os impactos da aprendizagem dos alunos.	[Gülbahar, Madran e Kalelioglu, 2010]
5. Apresentar uma análise de confiabilidade de uma rubrica de avaliação de WQ.	É o primeiro estudo que avalia as características e avalia a confiabilidade de uma rubrica de avaliação WQ.	Não há comparações e a avaliação não abrange o conteúdo aprendido pelo aluno.	[Unal, Z.; Bodur, Y.; Unal, A., 2012]
6. Disponibilizar uma rubrica de avaliação para WQs.	Apresenta uma Rubrica de avaliação de WQ.	Não apresenta resultados de utilização da rubrica.	[Bellofatto <i>et. al.</i> , 2001]
7. Apresentar discussões acerca da elaboração da metodologia WQ, na modalidade de ensino à distância e a conformidade com a Taxonomia Digital de Bloom.	Realiza uma análise de padrões mínimo de qualidade da seção de Tarefas, identificando se são verdadeiras WQs ou simples <i>WebExercices</i> .	Estudo em caráter exploratório, aplicado a 23 alunos e 1 professor.	[Paiva, & Padilha, 2012]
8. Apresentar o desenvolvimento de um protótipo chamado “SIGA”, que possibilita um gerenciamento (edição) de aprendizagem no formato WQ.	Foi realizada a junção de elementos da metodologia WQ, com o padrão LMS LD, onde foi possível originar o desenvolvimento de um editor WebQuest-LD.	Foi apresentado apenas o protótipo e a sua modelagem. Sem resultados de sua utilização.	[Silva Neto, Passaro, Marques e Fernandes, 2014]
9. Apresentar o desenvolvimento de um protótipo chamado “WQE – <i>WebQuest Editor</i> ”, que possibilita o gerenciamento de aprendizagem por meio de WQs, obedecendo ao padrão IMS Learning Design (IMSLD).	Foi realizada a junção de elementos da metodologia WQ, com o padrão IMS LD, onde foi possível originar o desenvolvimento de um editor, que possibilita desenvolver WQs e com características não vistas anteriormente na literatura.	Foram apenas apresentados os protótipos e realizada uma análise comparativas entre outros quatro editores disponíveis. Deixando de apresentar resultados na aprendizagem de alunos.	[Camargo & Fernandes, 2010]
10. Sistematizar um conjunto de indicadores de qualidade para avaliação de WQs.	Propõe uma nova rubrica de recomendações para avaliações de WQs.	Foram apresentadas apenas sugestões que podem servir de guia para avaliação.	[Bottentuit Jr. & Coutinho, 2012]

#### 4. Discussão e Considerações finais

De maneira geral, as análises dos estudos apontaram o quanto a metodologia WQ é pesquisada em diversas áreas correlatas. Contudo, estes estudos também apontam o quanto aspectos relacionados à eficiência e avaliação formal de padrões comportamentais dos alunos precisam ser investigados de maneira sistemática.

Muitos artigos destacam a necessidade de avaliar WQs, bem como prover meios para elaboração de WQs que contemplem todos os níveis da taxonomia de Bloom. Mesmo com os avanços no desenvolvimento de rubricas, poucos artigos apresentam avaliações concretas sobre o que foi aprendido pelo aluno. Existe ainda a carência de métodos sistemáticos que permitem planejar e verificar se os comportamentos e conduta dos alunos nas atividades foram os esperados inicialmente. Entre os desafios de pesquisa está como prover métodos sistemáticos de desenvolvimento e avaliação que

garantam a execução de verdadeiras WQs e ao mesmo tempo sejam pouco burocráticos e flexíveis de modo a manter consistente com a filosofia de WQs. Neste contexto, os próximos passos desta pesquisa incluem investigar o desenvolvimento de uma proposta para sistematização formal que considere aspectos pragmáticos e comportamentais dos alunos, na elaboração e avaliação de WQs.

## 5. Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com o apoio do programa PROSUP da CAPES – Ministério da Educação - Brasil.

## 6. Referências

- Adell, Jordi. (2004). Internet en el aula: las WebQuest. Em *EduTec: Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. nº 17, março.
- Alves, R. M.; Zambalde, A. L.; Figueiredo, C. X. (2004). “Internet e Educação – Textos Acadêmicos”, UFLA/Lavras-Mg.
- Bellofatto, L.; Bohl, N.; Casey, M.; Krill, M. & Dodge, B. (2001). “A Rubric for Evaluating WebQuests”. <http://webquest.sdsu.edu/webquestrubric.html>
- Bottentuit Jr., J. & Coutinho, C. P. (2008). Análise das Componentes e a Usabilidade das Webquests em língua portuguesa disponíveis na Web: Um Estudo Exploratório. *Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação*, v. 5(3), p. 453-468.
- Bottentuit Jr., J. B. (2009). Análise de WebQuests em língua portuguesa disponíveis on-line: aspectos relativos à qualidade dos componentes e da usabilidade. *RBEP -Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 90 (224), p. 102-121, jan./abr.
- Bottentuit Jr., J. B. e Santos, C. G. (2014). Revisão Sistemática da Literatura de Dissertações Sobre a Metodologia WebQuest. *Revista EducaOnline*, v. 8 (2), Maio/Agosto de 2014. Universidade Federal do Rio de Janeiro – LATEC/UF RJ.
- Bottentuit Jr., J. B.; Coutinho, C. P. (2012). Recomendações de qualidade para o processo de avaliação de WebQuests. *Ciências & Cognição*, v. 17 (1), p. 073-082.
- Bottentuit Jr., J. B.; Coutinho, C. P. (2010). O Uso da Estratégia WebQuest no Ensino Superior: uma análise de duas experiências. *RENTE - Revista Novas Tecnologias na Educação*. CINTED-UFRGS, v. 8 (3). 11 p.
- Bottentuit Jr., J. B.; Coutinho, C.; Alexandre, D. S. (2006a). “M-Learning e Webquests: as novas tecnologias como recurso pedagógico”. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE 2006*, p. 70-72.
- Bottentuit Jr., J. B.; Coutinho, C.; Alexandre, D. S. (2006b). “Desenvolvimento, Avaliação e Metodologia de Utilização para uma Webquest da Área de Ciências da Natureza.” *Actas do Encontro sobre WebQuest*. Braga: CIEd, p. 168-172.
- Camargo, E. Z, & Fernandes, C. T. (2010). “WQE: um Editor de WebQuests Versátil.” *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE 2010*, 10 p.
- Dodge, B. (1995). “Some Thoughts about WebQuests.” Disponível em: <[http://WebQuest.sdsu.edu/about\\_WebQuests.html](http://WebQuest.sdsu.edu/about_WebQuests.html)>. Acesso em: 01 março de 2015.

- Dodge, B. (2001). *FOCUS: Five Rules for Writing Great WebQuests*. ISTE (International Society for Technology in Education). *Learning & Leading with Technology*, v. 28 (8), p. 8-9.
- Dodge, B. (2006). "WebQuests: Past, Present and Future." In A. A. Carvalho (org.), *Actas do Encontro sobre WebQuest*. Braga: CIEEd, p. 3-7.
- Gülbahar, Y., Madran, R. O., & Kalelioglu, F. (2010). Development and Evaluation of an Interactive WebQuest Environment: "Web Macerasi". *Educational Technology & Society*, 13 (3), p. 139–150.
- Hsien, S. H.; Chung, C. T.; Chien, Y.L. & Chih, C. L. (2012). *Implementing a self-regulated WebQuest learningsystem for Chinese elementary schools*. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(2), p. 315-340.
- Paiva, R. A. de; Padilha, M. A. S. (2012). Webquest e a Taxonomia Digital de Bloom como uma nova Coreografia Didática para a Educação Online. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 5 (1), jan/abr, p. 81-100.
- Sampaio, P. A. S. R.; Coutinho, C. P. (2008). "Escher and the search for the infinite: a webquest for a k12 class." RepositóriUM - Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Silva Neto, J.; Passaro, A.; Fernandes, C. T.; Marques, G. N. (2014). "SIGA: Um Ambiente para Criação, Gerenciamento e Execução de WebQuests Orientadas ao Padrão IMS Learning Design." *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, MPIE/CBIE 2004, p. 151-158 .
- Silva, K. X. S, (2006). "Webquest: Uma metodologia para a pesquisa escolar por meio da Internet." *Disser. de mestrado em Educação*, Universidade Católica de Brasília.
- Silva, N. M.; Bottentuit Jr., J. B. (2014). Uma Proposta de Uso da Metodologia WebQuest para o Ensino e Aprendizagem de Literatura. *RENOTE - Novas Tecnologias na Educação*, v. 12 (1), 10 p.
- Unal, Z.; Bodur, Y.; Unal, A. (2012). A Standardized Rubric for Evaluating Webquest Design: Reliability Analysis of ZUNAL Webquest Design Rubric. *Journal of Information Technology Education: Research*, v. 11, p. 169-183.
- Vieira, Y. & Grahl, E. A. (2008). "Ferramenta web para criação e gerenciamento de WebQuests com Avaliações On-line." *Anais do VII Simpósio de Informática da Região Centro do RS - SIRC/RS 2008*, Santa Maria - RS, 9 p.
- Yang, C. H; Tzuo, P. W.; Higgins, H & Tan, C. P. Y. (2012). Information and Communication Technology as a Pedagogical Tool in Teacher Preparation and Higher Education. *Journal of College Teaching & Learning*, v. 9(4), p. 327-338.
- Zacharia, Z. C.; Xenofontos, N. A. e Manoli, C. C. (2011). The effect of two different cooperative approaches on students' learning and practices within the context of a WebQuest science investigation. *Educational Technology Research and Development*, v. 59(3), p. 399-424.
- Zhou, Y. & Zhu, Q. (2010). "The design of teaching activities which based on WebQuest - Taking the design of the Bridge Special Study Site for example. *2nd International Conference on Education Technology and Computer*, v. 4, p. 288 - 292.

# Guideline para desenvolvimento de aplicativos educacionais mobile

João R. U. Cruz, Rodrigo Ramos, Wellington B. Rodrigues

Programa de Mestrado em Ciência da Computação – Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP) – Campo Limpo Paulista - SP - Brasil  
 {joaocruz9@gmail.com,  
 rodrigo.ramos9@etec.sp.gov.br, wellbar2@yahoo.com.br}

**Abstract.** *The education professionals in order to improve their practices, can use tools that have become in recent years, popular among young people and adolescents: the mobile communication devices. This article proposes the development of a guideline for creating educational applications used in these devices. This paper presents an analysis referenced in Learning Objects and its main features, based on them, presents guidelines and specifications for future applications, aiming to help professionals who develop educational software but has no pedagogical training, but technical.*

**Resumo.** *Os profissionais da educação com o objetivo de melhorar suas práticas, podem utilizar ferramentas que se tornaram populares entre os jovens e adolescentes nos últimos anos: os dispositivos móveis de comunicação. Este artigo propõe o desenvolvimento de um guideline para a criação de aplicativos educacionais utilizados nestes dispositivos. Este trabalho apresenta uma análise referenciada nos Objetos de Aprendizagem e suas principais características, com base nelas, apresenta orientações e especificações para futuros aplicativos, visando auxiliar profissionais que desenvolvem softwares educativos, mas não tem a formação pedagógica e sim técnica.*

## 1 Introdução

Em suas atividades, os profissionais da educação devem buscar novas formas de atrair a atenção e interesse dos alunos, visando uma melhor prática de ensino, dentre estas, uma área que apresenta possibilidades de atividades é aquela que utilize dispositivos móveis de comunicação.

O uso destes dispositivos traz a vantagem da alta difusão entre os discentes; se forem desenvolvidos Objetos de Aprendizagem (OAs) que consigam agregar as características já conhecidas em diversos aplicativos, existe a possibilidade de que o conteúdo chegue aos discentes de uma forma mais familiar.

Em seu livro Rocha e Baranauskas (2000) afirmam que “O uso de *guidelines* não deve ser entendido como “receita de design”, mas sim como um conjunto de princípios norteadores do design”.

Foram realizadas buscas nas bases de dados IEEE, ACM, SBIE e Google Acadêmico para localizar artigos relacionados ao tema de desenvolvimento de *guideline* para aplicativos *mobile* educacionais e não foram encontrados resultados, assim, a pesquisa para compor este trabalho foi direcionada aos Objetos de Aprendizagem e aos *Guidelines*.

Este artigo apresenta um *guideline* com uma série de recomendações práticas para construção de aplicativos para dispositivos móveis educativos, aliando às características

encontradas diversos OAs. A Seção 2 contextualiza e defini os objetos de aprendizagem, a Seção 3 aborda os trabalhos relacionados, a Seção 4 as recomendações de desenvolvimento de aplicativos a partir de um Objeto de Aprendizado e a Seção 5 a conclusão e os trabalhos futuros.

## 2 Objetos de Aprendizagem

Objeto de Aprendizagem (OA) pode ser definido como qualquer tipo de recurso, que possui o intuito de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, incluindo *softwares* educacionais, sendo utilizado em vários contextos (IEEE /LTSC, 2004). Dessa forma, um texto, uma imagem, um jogo, entre outros instrumentos podem ser denominados como OA, pois podem ser utilizados com a finalidade de auxiliar o processo de ensino.

Com os avanços tecnológicos e a popularização da Internet, uma enorme gama de dispositivos e softwares foram criados ou adaptados pensando no contexto de OA. E por suas características, se tornaram ferramentas muito eficazes para essa função. Os OAs conquistam espaço cada vez mais significativo, pois conferem ao processo de ensino-aprendizagem um caráter mais interativo, dinâmico e flexível (Moreira & Conforto, 2011).

Dessa forma no contexto de criação de um OA, algumas características devem ser levadas em consideração na sua criação. Em seu trabalho (Duarte Filho & Barbosa, 2012) definiram os seguintes requisitos e características relevantes:

- Funcionalidade - ambientes de aprendizagem móvel, precisam prover funções que atendam às necessidades explícitas e implícitas esperadas pelos aprendizes e tutores.
- Educacionais/Pedagógicas – Visam facilitar e apoiar atividades de ensino, relacionados à interatividade, motivação e adaptações ao contexto dos aprendizes.
- Nível de Serviço - É preciso estabelecer níveis de serviço, possibilitando maior segurança na utilização das aplicações juntamente com a continuidade dos ambientes.
- Portabilidade – o aprendiz deve conseguir interagir com os objetos de aprendizagem móvel a qualquer hora e em qualquer lugar.
- Usabilidade - a interface deve ser fácil de aprender, facilitando o reconhecimento e a lembrança de todas as suas funções, por parte dos usuários.
- Segurança - Devido ao fato que seu acesso é feito via Internet, existem aspectos que devem ser garantidos para uma maior segurança.
- Desempenho - pode apresentar significados diferentes em contextos diferentes. Tempo de resposta, expansibilidade e escalabilidade, capacidade de processamento, capacidade de memória livre, consumo de bateria e capacidade de entrada/saída.
- Comunicação - Todo Objeto de aprendizagem deve permitir que a comunicação estabelecida entre tutores e alunos sempre aconteça, seja de forma síncrona ou assíncrona.

Segundo (Dias et.al, 2009) os padrões de OAs constituem um meio de organizar os dados de um OA para prover comunicação entre diferentes ambientes computacionais, bem como garantir seu acesso e usabilidade, além de prover interoperabilidade. Assim um mesmo OA criado para a aula de geografia, pode, dentro do contexto ser usada em uma aula de física.

Em resumo, a ideia central do conceito de OAs é permitir que professores e pesquisadores construam componentes educativos relativamente pequenos que possam ser usados em diferentes contextos de aprendizagem. (Silva, Mendes Neto, & Jácome Jr, 2011).

### 3 Recomendações de desenvolvimento (*Guideline*)

Os três principais desenvolvedores de sistemas operacionais para dispositivos móveis (Google- Android, Apple – iOS e Microsoft – Windows Mobile) disponibilizam guias de recomendações para todos os desenvolvedores de aplicações nestas plataformas, ou *guidelines*, que servem como referência de design para aplicativos compatíveis com essas plataformas

A metodologia para as recomendações do *guideline* foi baseado em (Rocha e Baranauskas, 2000) e em *guidelines* dos principais fabricantes.

Inicialmente recomenda-se a pesquisadores e professores que desejam desenvolver qualquer OA para dispositivos móveis que leiam e utilizem este guia como referência de desenvolvimento. A partir deste *guidelines* o pesquisador ou professor pode acrescentar as recomendações abaixo.

#### 3.1 Funcionalidade

Ao fazer o levantamento de requisitos de um OA para dispositivos móveis deve-se estabelecer quais funções serão exclusivas do administrador da plataforma, quais serão as funções exclusivas dos docentes, quais funções poderão ser realizadas pelo discente atentando-se aqueles que poderão ser realizadas de forma assíncrona e quais não.

Recomenda-se que funcionalidades menos impactantes na execução das atividades e que permitam uma forma de avaliação assíncrona sejam realizadas *off-line*, permitindo que o discente as realize sem o uso de uma conexão.

Ao se desenvolver uma aplicação que permita que determinadas atividades sejam feitas de forma assíncrona também é recomendado que seja desenvolvido uma função de sincronização com o servidor central em momentos nos quais a conexão seja reestabelecida.

Funcionalidades de interação entre docente e os discentes e entre os discentes, sempre que possíveis, também deverão fazer parte da aplicação de forma a permitir que a realização das atividades seja estimulada em tempo real.

#### 3.2 Segurança e Nível de serviço

Grande parte dos aplicativos educativos desenvolvidos para dispositivos móveis, estabelecem em algum momento uma conexão com o servidor central da aplicação. Esta conexão quando feita de forma anônima pode gerar vulnerabilidades de segurança. Algumas das medidas de segurança para se evitar este tipo de vulnerabilidade e a criação de perfis de acesso e o uso de níveis de serviço.

Uma das primeiras ações para se estabelecer os níveis de serviço de um OA é mapear cada uma das funcionalidades e estabelecer qual o perfil dos usuários que poderão acessá-las.

Como premissa básica para funcionalidades de cadastro de usuários de OAs recomenda-se que haja pelo menos três níveis de acesso englobando de forma hierarquizada cada uma das demais funcionalidades da aplicação.

Nível 0 – Funcionalidades para a execução das atividades pedagógicas;

Nível 1 – Funcionalidades para configuração das atividades pedagógicas e feedbacks.

Nível 2 – Funcionalidades de gestão e segurança da informação da aplicação.

Recomenda-se que usuários de todos os níveis possam customizar suas interfaces de forma acessível e que esta customização seja associada ao perfil dos mesmos de forma a permitir que ao acessá-la em outros dispositivos esta customização seja automaticamente aplicada.

Nos casos de OAs que permitam a utilização de discentes com necessidades especiais ou dificuldades de interações com o dispositivo, o aplicativo deve permitir que usuários de nível mais elevados possam fazer não apenas a criação do perfil do usuário, mas associar as customizações de interface e funcionalidades a este perfil.

O acesso ao OA deve ser realizado por senha personalizada, porém por ser uma aplicação educacional e visando atender aos princípios indicados no objeto de portabilidade a interface de inserção da senha deve permitir que a mesma seja feita através de teclado, áudio, dispositivos biométricos ou outros dispositivos de entrada de informação.

O armazenamento da evolução dos discentes na utilização do OAs também deve ser associado ao perfil do mesmo permitindo que tanto docentes quanto o próprio discente possam avaliá-la.

Recomenda-se, ainda, que em OAs que se utilizem de níveis diferentes no processo de evolução de aprendizado, sempre que possível, deve-se qual o nível atingido pelo discente em seus acessos permitindo que o mesmo retorne a este nível ou acesse os níveis anteriores para revisá-los.

Recomenda-se que OAs com os usuários de nível 1 e 2 devam possuir interfaces responsivas que permitam que as OAs sejam executadas de forma ubíqua.

Recomenda-se que as ações realizadas pelo discente durante seu processo de aprendizagem sejam armazenadas no dispositivo que o mesmo estiver utilizando, mesmo nos casos nos quais o OA seja síncrono, e transmitida posteriormente a servidor central e associadas ao perfil do discente.

Da mesma forma, sempre que houver uma conexão disponível e que o discente tiver realizado sua autenticação, o OA deve analisar quais serão as próximas ações a serem realizadas pelo discente e disponibilizá-las de forma segura.

### **3.3 Comunicação e Portabilidade**

As questões de portabilidade em OA para dispositivos móveis vão além do conceito do entendimento das dimensões do hardware, passam também por definir se o OA será compatível com apenas um sistema operacional ou a múltiplas plataformas, qual linguagem e framework utilizar, pela definição e tratamento de funções assíncronas, e principalmente em desenvolver uma App que seja transparente em relação ao hardware.

Já as questões de comunicação em um OA para dispositivos móveis devem iniciar com uma definição estratégica que passa por determinar quais são os melhores momentos para uma comunicação síncrona ou assíncrona, definir como deve ser a interação entre docente e OA, discente e OA e principalmente a interação entre os discentes com o uso da OA.

Segundo pesquisa realizada pelo IDC<sup>1</sup> em 2015, os três principais sistemas operacionais para dispositivos móveis são o Android (78%), o iOS (18,3%) e o Windows Phone (2,7%) e todos têm recomendações semelhantes quanto as dimensões no

---

<sup>1</sup> IDC International Date Corporation

desenvolvimento de aplicativos, porém a compatibilidade de códigos e as indicações de formatos e recursos de interface são bem diferentes.

Quando for possível determinar um único sistema operacional para o grupo de discentes o OA poderá ser desenvolvido apenas para aquela plataforma, nas demais situações recomenda-se utilizar linguagens de programação e bibliotecas que sejam compatíveis com pelo menos os três sistemas operacionais mais utilizados.

Recomenda-se, ainda, que as interfaces sempre que possível utilizem tecnologias responsivas e elementos gráficos como imagens vetorizadas.

Recomenda-se, também, que o projeto do OA avalie todas as ações realizadas pelo discente e definam quais delas poderão ser realizadas sem uma conexão, pois uma das premissas da portabilidade é que o OA possa ser funcional independente de sua infraestrutura.

Uma das possíveis soluções para que os OAs sejam compatíveis com esta premissa é que parte de suas funções e conteúdos possa ser disponibilizada sem a necessidade de uma conexão em tempo integral.

Recomenda-se que as OAs possuam um tutorial que foque não somente nas instruções de como operacionalizá-lo, mas também como estabelecer a comunicação com o tutor ou com as funcionalidades que permitam ao discente tirar suas dúvidas

Nos casos onde a comunicação for síncrona o OA deve disponibilizar um ícone que permita iniciar a comunicação e sempre que o discente utilizar deste recurso as demais funcionalidades do sistema devem ser provisoriamente interrompidas.

A comunicação entre o OA e o discente no caso de OAs assíncronos podem acontecer por textos rápidos disponibilizados em diversos momentos da aplicação, em checkpoints com novas instruções a serem seguidas pelo discente ou através de FAQ.

Quanto a comunicação entre os discentes e o OA, recomenda-se que seja feito por uma ferramenta única, disponível em todos os momentos e direcionada ao tutor, evitando que canais diferentes gerem instruções diferentes aos discentes.

Em alguns OAs se utilizam do formato de questionários em sua dinâmica, nestes casos recomenda-se que além da resposta correta sejam inseridos comentários sobre a resposta e quando possível permitindo ao discente tentar responder novamente à pergunta.

Outro ponto importante a ser considerado em todos os OAs são os feedbacks das atividades propostas. Este feedback deve estimular o aluno a compreender todas as ações já tomadas e estimulá-lo a novas ações na aplicação.

Recomenda-se, também, que os OAs desenvolvidos para o uso de discentes possam ser configurados para o uso de canais de comunicação combinados, como texto e áudio, vídeo e textos (legendas).

Recomenda-se, também que nos aplicativos que dependam de toques para se estabelecer comunicação, haja uma opção para calibração do toque, dando maior tolerância aos discentes com problemas de necessidades motoras.

### **3.4 Desempenho**

Ao se desenvolver um OA para dispositivos móveis o desenvolvedor deverá não apenas focar em uma interface agradável, mas também em uma interface que dê ao discente a sensação de estar usando uma aplicação agradável o tempo todo.

Recomenda-se que ao se selecionar um framework para auxílio no desenvolvimento de OA o desenvolvedor deva selecionar aqueles que permitam de alguma forma emular dispositivos móveis, pois será possível avaliar ainda na fase de projeto, interfaces que apresentem perda de desempenho.

A escolha de elementos gráficos e outros arquivos devem ser levados em consideração quando se analisa o desempenho de um aplicativo educacional.

Quando o desenvolvedor for selecionar as imagens a serem utilizadas na interface deve preferencialmente usar imagens vetorizadas e opções de formato que permitam arquivos de menor tamanho. Outra opção é criar funcionalidades que identifiquem as dimensões do dispositivo e utilizem bibliotecas de imagens definidas para aquela dimensão.

Arquivos e elementos gráficos a serem executados pelos aplicativos tendem a aumentar o tempo de abertura quando estão nos servidores da aplicação, sempre que possível o OA deve se antecipar a este momento e armazenar estes arquivos no dispositivo local, antes da necessidade de sua execução.

Recomenda-se, também, atenção especial e eventos de transição de telas e transferência de dados. Em casos nos quais houver maior tempo durante esta transição ou transferência de dados o usuário deve ser informado, seja de forma textual, ou na forma de algum recurso gráfico como uma barra de progressão.

### 3.5 Usabilidade

Ao se desenvolver um OA para dispositivos móveis tanto pesquisadores quanto professores devem ter como foco não apenas os conteúdos a serem aprendidos pelo discente em um ambiente formal de aprendizado, mas também a possibilidade de que este discente queira utilizar esse objeto fora do ambiente escolar, para tal, a usabilidade deve tornar este OA não apenas bonito, mas estimular o aluno a realizar cada vez mais tarefas utilizando-o como referência.

#### 3.5.1 Estilo

Quanto aos ícones das aplicações recomenda-se desenvolver um ícone próprio e que esteja associado diretamente as funcionalidades da aplicação. Muitas aplicações educacionais usam ícones de sistema disponibilizados pelo fabricante e em geral associados a funcionalidades do sistema, o que podem gerar confusão e dificuldade na localização do aplicativo pelo discente.

Recomenda-se usar um dos *keylines* para ícones. Estes *keylines* devem ser projetados no tamanho de máximo de 24x24px e ancorados nos grids da interface.

Os *guidelines* dos três principais desenvolvedores de sistemas operacionais para dispositivos móveis apresentam uma série de palhetas de cores cujos nomes variam de para cada um deles, mas que também são identificadas por uma numeração hexadecimal que permite a rápida migração entre as plataformas.

Sempre que possível, os aplicativos devem ter a opção de personalização das paletas de cores, permitindo aos discentes com necessidades especiais ou daltonismo customizar seus aplicativos.

Quanto as fontes utilizadas nos aplicativos, elas devem seguir os padrões recomendados pelos desenvolvedores das plataformas em seus *guidelines*, mas sempre permitindo a customização por parte dos discentes tanto em seus estilos, quanto em suas cores e tamanhos, auxiliando com isso, discentes com daltonismo ou baixa visão.

O formato e o uso de botões nas interfaces são pontos mais divergentes entre os *guidelines* dos principais fabricantes. O desenvolvedor deve procurar customizá-los de acordo com a interface de aplicação de forma que ele tenha uma aparência harmoniosa e destaque-se apenas nos momentos nos quais seu uso seja indispensável.

Indica-se, ainda, que as interfaces sempre que possível utilizem tecnologias responsivas e elementos gráficos como imagens vetorizadas para que as qualidades das mesmas não sofram distorção em interfaces com dimensões diferentes.

### 3.5.2 Orientação

A utilização de OAs em dispositivos móveis deve prever que o discente possa escolher qual a melhor forma de visualização da interface, porém em alguns casos recomenda-se fixar a orientação no formato de paisagem para evitar a perda de resolução auxiliando o melhor enquadramento dos aplicativos, em especial aqueles que se utilizando de vídeos.

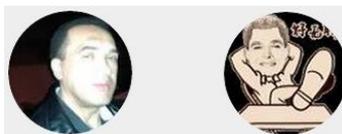
Outro recurso recomendado quanto à orientação são as ancoras que permitem que os discentes escolham que o aplicativo permaneça na orientação que ele achar mais interessante.

### 3.5.3 Miniaturas e Avatares

O uso de miniaturas associados ao perfil dos usuários é um ponto comum nos *guidelines* dos principais desenvolvedores de aplicativos para dispositivos móveis.

Além de permitir uma rápida identificação do discente ou de outros usuários que estejam trocando informações com ele, as miniaturas dão a este discente uma sensação de personalização da aplicação.

Outro recurso que também é recomendado pelos desenvolvedores e que pode dar ao discentes uma sensação de personalização que fará com que ele queira utilizar ainda mais as aplicações são os avatares.



**Figura. 1 Exemplo de Miniatura e Avatar utilizado em interfaces de dispositivos móveis**

### 3.5.4 Escrita

A escrita nos aplicativos educacionais devem receber especial atenção, pois o desenvolvedor deve lembrar que diferente de OA o principal foco dos aplicativos é cativar o discente e fazê-lo aprender de forma agradável sem perder o foco.

Algumas das recomendações encontradas nos *guidelines* dos principais fabricantes de sistemas operacionais devem ser levadas em consideração no momento do desenvolvimento destes aplicativos.

- Aproveite cada uma das frases do sistema para ensinar.
- Atente-se a gramática, sem ser formal demais.
- Sempre que possível interaja com os discentes.
- Não atribua ao discente ideias e sensações que não são dele.
- Recomenda-se, também, evitar termos técnicos de áreas que não estejam ligadas a área do conhecimento que se deseja trabalhar.

#### 4 Considerações finais e trabalhos futuros

Neste artigo foi proposto a criação de um *guideline* para a elaboração de aplicativos educacionais a serem utilizados em dispositivos móveis de comunicação, visando uma maior aproximação dos jovens e adolescentes possuem estes aparelhos.

O desenvolvimento de um Objeto de Aprendizagem é uma tarefa por si só complexa, já que de um lado envolve toda a parte pedagógica a ser atingida, e ainda, toda parte técnica, isto é, o conhecimento para o desenvolvimento do aplicativo. Assim a utilização do *guideline* proposto vem como uma ferramenta de apoio para nortear as atividades da equipe de desenvolvimento para a efetiva elaboração do projeto.

Como sugestão de trabalhos futuros, propomos o desenvolvimento de um aplicativo modelo, feito a partir das recomendações deste *guideline*, que servirá para a análise de sua aceitação e verificação de sua efetividade junto aos discentes.

#### 5 Referências Bibliográficas

- Dias, C. L., Kemczinski, A., Lucena, S. d., Ferlin, J., & Hounsel, M. (2009). Padrões abertos: aplicabilidade em Objetos de Aprendizagem (OAs). *XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- Duarte Filho, N. F., & Barbosa, E. F. (26-30 de nov de 2012). Estudo e Definição de um Conjunto de Características e Requisitos para Ambientes de Aprendizagem Móvel. *23º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- Feijó, V. C., Baldessar, M., & Vieira, M. L. (2013). Elementos de design para interface de Apps em smartphones: o iPhone 4S. *XXI Simpósio de Geometria descritiva e desenho técnico*.
- Gama, C. L. (2007). Método de construção de objetos de aprendizagem com aplicação em métodos numéricos.
- IDC, A. t. (24 de jun de 2015). *Smartphone OS Market Share, Q1 2015*. Fonte: IDC: <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>
- Moreira, M. B., & Conforto, D. (21 de nov de 2011). Objetos de aprendizagem: Discutindo a Acessibilidade e Usabilidade. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- Rocha, H. V. e Baranauskas, M. C. C. (2000) “*Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador*”, São Paulo, IME-USP, 242p
- Silva, L. N., Mendes Neto, F. M., & Jácome Jr, L. (2011). MobiLE: Um ambiente Multiagente de Aprendizagem Móvel para Apoiar a Recomendação Sensível ao Contexto de Objetos de Aprendizagem. *XXII Simposio Brasileiro de Informática em Educação*.
- Souza, M. R. (2010). Guidelines de usabilidade: Discussões para uma abordagem em interfaces multi-touch.
- MEC/SEED. (2007). Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/politica.pdf>> Acesso em 26 jun 2015
- IDC International Date Corporation (2015). *Smartphone OS Market Share, Q1 2015* . Disponível em: < <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp> > Acessado em 05 jun 2015.

# Amplificação de Sinais de Matriz de Microeletrodos usando Ressonância Estocástica

**Marco A. Barreto<sup>1</sup>, Francisco Fambrini<sup>1,2</sup>, José H. Saito<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - FACCAMP  
Campo Limpo Paulista-SP, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos - UFSCar  
São Carlos-SP, Brasil

marco.barreto@fatec.sp.gov.br, ffambrini@gmail.com, saito@dc.ufscar

**Abstract.** *Microelectrode Array (MEA) is a device used for in-vitro neuron culture and their electrophysiological signal recording. The analysis of these signals is used for the neuronal network dynamic researches, pharmacological drug tests, between other applications. The electric signals captured by MEA are of low amplitude and require special amplifier systems. In this paper, an amplification system for MEA signals is described, using the Stochastic Resonance (SR) phenomenon, which make beneficial use of noise, to detect and amplify small microelectrode signals. A prototype of one channel of this system was simulated successfully.*

**Keywords** – *stochastic resonance, MEA, microelectrode array, noise, neuronal signals, amplification.*

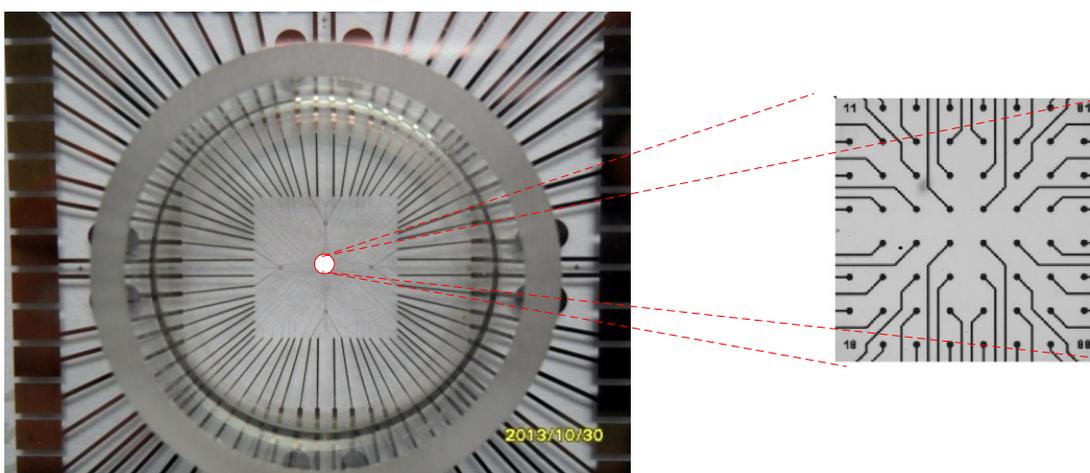
**Resumo.** *Matriz de Microeletrodos (microelectode array, MEA) é um dispositivo usado para cultura de neurônios in-vitro e registro de sinais eletrofisiológicos. A análise desses sinais é útil para o estudo da dinâmica de redes neuronais, teste de drogas farmacológicas, entre outra aplicações. Os sinais elétricos capturados pela MEA são de baixa amplitude e requer sistemas de amplificação especiais. Neste artigo, é descrito um sistema de amplificação para MEA, com o uso do fenômeno de Ressonância Estocástica (RE), que faz uso benéfico do ruído, para detectar e amplificar sinais de microeletrodos de pequena amplitude. Um protótipo de um canal desse sistema foi simulado e testado com sucesso.*

**Palavras chaves** - *ressonância estocástica, MEA, matriz de microeletrodos, ruído, sinais neuronais, amplificação.*

## 1. Informações Gerais

Matriz de Microeletrodos (Microelectrode Array, MEA) foi desenvolvida por Thomas (1972), com a mesma tecnologia dos circuitos integrados. É um dispositivo muito importante para a captação e registro de sinais de neurônios cultivados *in-vitro*, num reservatório em forma de anel, similar à placa de Petri, construído sobre os

microeletrodos. A cultura pode ser em fatias de tecidos neuronais, ou de neurônios dissociados, e os sinais elétricos registrados podem ser resultantes de atividades espontâneas dos neurônios, ou atividades evocadas por estimulação elétrica ou química. Quando se usa neurônios dissociados de embriões de ratos Wistar, as células se espalham aleatoriamente sobre o reservatório, e após sete dias de cultura, iniciam a ativação espontânea de sinais neurológicos, conhecidos como potenciais de ação, ou *spikes*. É recomendado que se realize os experimentos de registro, no período de 18 a 42 dias-in-vitro (DIV), após os neurônios se tornarem adultos, com grande probabilidade de obter *spikes* com estimulação. Na Figura 1 é mostrada uma MEA com 60 canais de microeletrodos, fabricado pela Multi-Channel Systems - MCS (2015) que é denotado de MEA padrão. A dimensão do microeletrodo circular pode ser escolhido pelo usuário, ao adquirir o dispositivo, e pode variar entre 10, 20 e 30  $\mu\text{m}$ ; e a distância entre os microeletrodos, pode variar entre 100, 200 e 500  $\mu\text{m}$ . Os 60 microeletrodos são distribuídos numa superfície plana, num arranjo 8x8, sem microeletrodos nos vértices.



**Figura 1. MEA padrão: à esquerda, é mostrada uma MEA com o anel (placa de Petri) onde se cultiva as células; e à direita, detalhe ampliado da pequena região central onde fica a matriz de microeletrodos.**

Ao lado esquerdo da Figura 1, mostra-se uma fotografia, com os 60 microeletrodos na região central (circundada em vermelho), e os terminais (*pads*) nas bordas que contornam a MEA. No lado direito, pode-se ver detalhes da região central com o arranjo de microeletrodos. Um microeletrodo, em forma circular, coberto por nitrito de titânio (TiN), conecta-se ao respectivo terminal por meio de condutor impresso na superfície da MEA. Os sinais elétricos registrados pelos múltiplos canais devem ser amplificados, filtrados, digitalizados e transmitidos ao computador.

Os sinais de entrada tem amplitude muito baixa, e os amplificadores operacionais (AO) convencionais exibem não-linearidade para tais sinais, devido ao nível de ruído intrínseco serem próximos à amplitude média dos sinais de entrada.

Este artigo descreve uma metodologia inovadora de capturar sinais de entrada de baixa amplitude, misturando um ruído branco de ótima amplitude, com os sinais de

entrada providos dos eletrodos da MEA, fazendo uso benéfico do ruído, metodologia conhecida como Ressonância Estocástica.

As seguintes seções descrevem a teoria de Ressonância Estocástica (Seção 2), a proposta do projeto do amplificador (Seção 3), os resultados de simulação e experimentais (Seção 4), e conclusões (Seção 5).

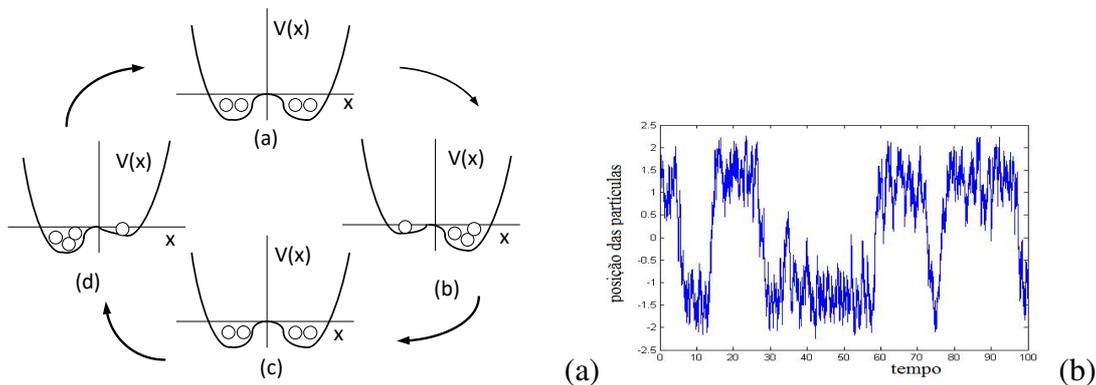
## 2. Ressonância Estocástica

Ressonância estocástica (RE) foi primeiro descrito por Benzi (1981) para explicar a mudança climática, entre estágios interglaciais e glaciais, com alterações de temperatura de longo-termo, por meio de uma cooperação entre as forças periódicas externas à terra, como as variações orbitais e mecanismo estocástico interno, tais como fenômenos oceânicos, atmosféricos, e erupções vulcânicas. Desde então, o fenômeno de ressonância estocástica tem sido identificado em inúmeros sistemas, quando o ruído e a não-linearidade competem para determinar um ganho na resposta do sistema. RE ocorre, usualmente, em sistemas bi-estáveis, quando um sinal periódico de pequena amplitude (por exemplo, um sinal senoidal) é misturado com um sinal estocástico, o ruído. A resposta do sistema é composta por uma combinação dos dois sinais que competem e cooperam para fazer mudança entre os dois estados estáveis. Quando o sinal periódico é pequeno relativamente ao nível limiar do sistema, o ruído é necessário para que o estado do sistema se altere. Nesse caso, se o ruído é de baixa amplitude, ocorre uma resposta muito baixa, principalmente aleatória, sem periodicidade significativa na resposta do sistema. Quando o ruído é muito intenso, ocorre uma grande quantidade de interrupções no período, e a resposta do sistema não mostra uma periodicidade notável. Surpreendentemente, entre essas duas condições, existe um nível ideal de ruído, que cooperativamente compete com o sinal periódico, para a obtenção de exatamente uma interrupção num período, Gammaitoni (1998).

Na Figura 2(a) ilustra-se um sistema de dois poços de potenciais, representado pela eq. (1):

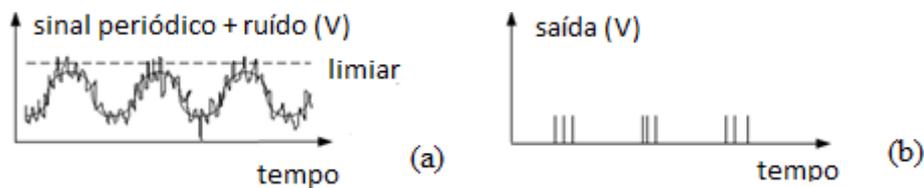
$$V(x) = x^4 + x^2 \quad (1)$$

onde a coordenada horizontal corresponde à variável  $x$ , e a coordenada vertical, ao potencial  $V(x)$ . Os dois poços representam estados estáveis, na ausência do ruído. Na presença do ruído, os dois poços variam os seus potenciais, conforme as quatro situações do diagrama, percorridas circularmente, no sentido horário, por exemplo: a) inicialmente, no diagrama do topo, os dois poços estão com os mesmos níveis de potencial; b) em seguida no diagrama da direita, o potencial do poço esquerdo eleva o nível, fazendo com que as partículas passem para o poço da direita; c) no diagrama inferior, os dois potenciais se igualam novamente; e d) no diagrama da esquerda, o poço da direita eleva o nível de potencial, permitindo com que as partículas passem para o poço da esquerda. Na Figura 2(b), vemos um diagrama de função no tempo, onde a posição das partículas nos poços se alteram, na presença do ruído. O tempo é representado na coordenada horizontal e a variação da posição das partículas na coordenada vertical.



**Figura 2. (a) Poços de potenciais, ilustrando o fenômeno de Ressonância Estocástica de um sistema bi-estável; (b) diagrama de tempo de posição das partículas nos poços de potenciais, na presença de ruído. Baseada em Gammaitoni (1998).**

Uma ilustração do fenômeno RE em amplificação de sinais é mostrado na Figura 3, MacDonnell (2002). Quando um sinal periódico de entrada tem uma amplitude abaixo do nível de limiar do amplificador, resulta em saída zero. Adicionando ruído ao sinal de entrada (figura 3a), a amplitude do sinal resultante se torna suficiente para ser amplificada e a saída mostra valores não zeros em rajadas, na mesma frequência do sinal de entrada (figura 3b).



**Figura 3. Fenômeno RE em amplificação de sinais elétricos, McDonnell (2002): a) sinal periódico com ruído na entrada, (b) saída do amplificador.**

### 3. Projeto de Amplificador com Ressonância Estocástica

Nesta seção é descrita uma proposta de circuito eletrônico para amplificação e detecção de sinais capturados pelos microeletrodos da MEA, aplicando o fenômeno RE, composto por: (a) um pré-amplificador para sinais capturados pelo microeletrodo da MEA, com ajuste de ganho; (b) gerador de ruído térmico; (d) misturador de sinais e estágio de saída.

#### 3.1. Pré-amplificador de ganho ajustável

O sinal capturado pelo microeletrodo da MEA é aplicado a um *buffer* que usa um circuito integrado LM358. Esse amplificador de ganho unitário, representa uma alta impedância de entrada (da ordem de 10 M) e baixa impedância de saída (da ordem de 100 $\Omega$ ), provendo a isolação entre o sinal da MEA e o resto do circuito, bem como, evitando a propagação descontrolada do ruído gerado em direção à MEA. Após o *buffer*, o sinal é aplicado a um outro estágio de LM358, em configuração de amplificador não-inversor, com ganho ajustável usando um *trimpot* VR1, com valor máximo de 100K. O ganho de voltagem desse estágio pode ser ajustado entre 1 e 101 vezes. O circuito está mostrado na Figura 4.

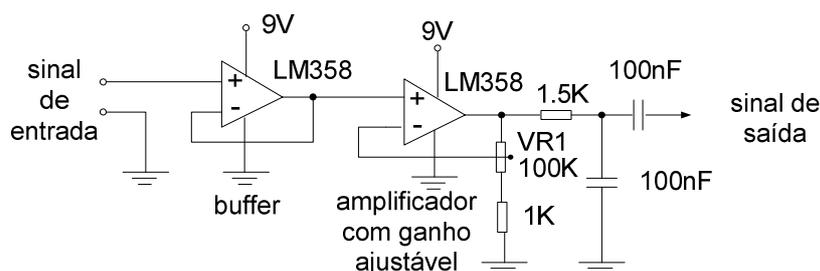


Figura 4. Diagrama de circuito pré-amplificador com ganho ajustável.

### 3.2. Gerador de ruído térmico

O circuito gerador de ruído (Figura 5) inicia-se com o conjunto de transistores BC548BP, sendo um deles, o de coletor em aberto, o gerador de ruído térmico de baixa amplitude (ruído branco). Esse ruído térmico é amplificado por dois circuitos de transistores BF240 subsequentes. O sinal de ruído amplificado de saída é obtido através do resistor de 35k. Neste circuito, existe uma chave que pode opcionalmente desconectar o circuito gerador de ruído térmico, para propósito de teste. O ruído de saída é então conectado à entrada do circuito seguinte.

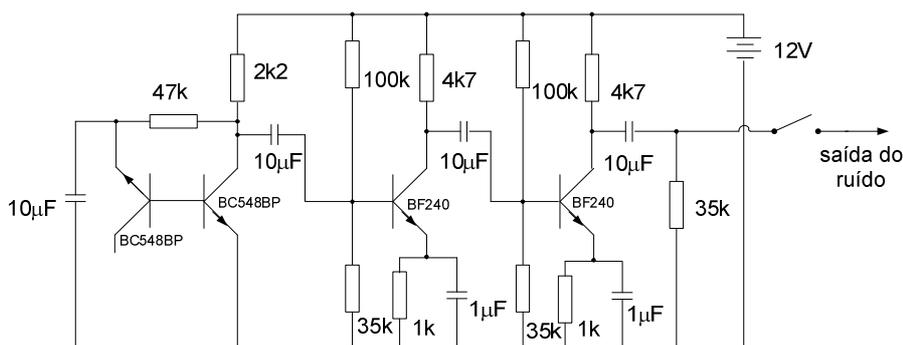


Figura 5. Diagrama de circuito gerador de ruído térmico.

O ganho de cada amplificador é dado pela relação entre o resistor de coletor (4k7) e o resistor de emissor (1k), ou seja da ordem de 4,7. Porém, a reatância do capacitor em paralelo com o resistor de emissor (dada por  $1/2\pi f C$ , onde  $f$  é a frequência e  $C$ , a capacitância), deve ser considerada. Como o ruído branco tem componentes em praticamente todas as frequências, fica difícil saber exatamente qual é o ganho desta etapa, mas as frequências maiores serão amplificadas mais vezes, devido justamente à reatância do capacitor de emissor.

### 3.3. Estágio misturador e de saída

O estágio misturador (Figura 6) é composto de três transistores NPN de uso geral, BC547, em configuração emissor comum. O primeiro transistor recebe o sinal de entrada pré-amplificado, cuja amplitude é controlada pelo *trimpot* VR2. O Segundo transistor recebe o sinal de ruído branco, com sua amplitude controlada pelo *trimpot* VR3. Ambos os transistores tem ganho unitário, definido pela relação dos resistores de coletor e emissor (12K e 15K). Os coletores desses dois transistores são conectados ao mesmo ponto de um terceiro transistor BC547, em configuração coletor comum, com o

seu coletor conectado diretamente à voltagem de +9V. Isso certifica uma distribuição equilibrada de sinal e ruído, e uma boa separação elétrica desses sinais. A impedância de saída do estágio de mistura é definida pelo resistor conectado ao emissor desse terceiro transistor (15K). O sinal elétrico misturado é apresentado ao circuito de saída.

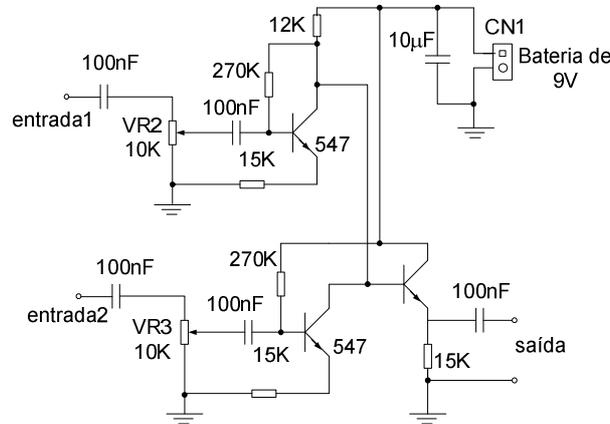


Figura 6. Diagrama de circuito misturador e de saída.

#### 4. Resultados de simulação e experimentos

Na Figura 7 é mostrada uma curva que caracteriza o fenômeno RE, onde na coordenada horizontal temos a variação do nível de ruído, e na coordenada vertical, o desempenho, medido em razão sinal-ruído. É possível verificar que numa determinada faixa de nível de ruído o desempenho é maior, devido a ocorrência do fenômeno RE, McDonnell (2009).

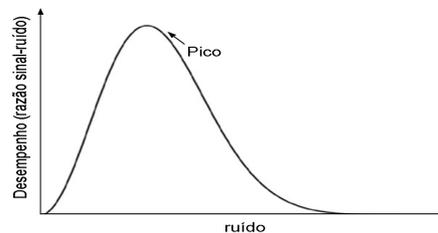


Figura 7. Curva característica do fenômeno de ressonância estocástica, baseado em McDonnell (2009).

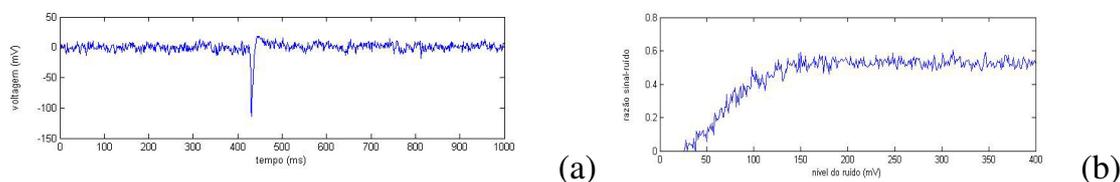
Para a obtenção da razão sinal-ruído (RSR) para séries discretas de tempo, calcula-se a potência do sinal e do ruído, usando a equação (2):

$$\text{Potência} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2 \quad (2)$$

onde  $x_i$  é o valor no tempo  $i$  e  $N$  é o número total de elementos da série. Em seguida, divide-se a potência do sinal pela potência do ruído, para a obtenção de RSR.

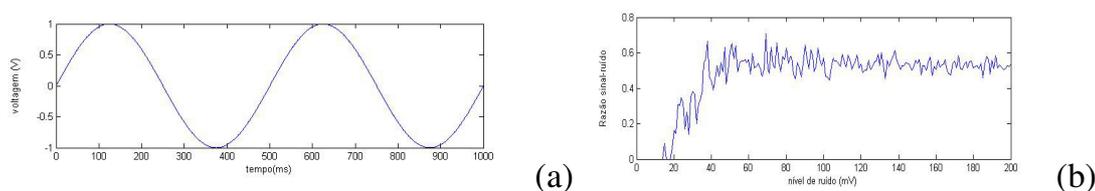
Com a finalidade de constatar a existência do fenômeno de ressonância estocástica num sistema de amplificação de um sinal eletrofisiológico acrescentado ao ruído aleatório, e também, para obter o nível de ruído mais apropriado para a verificação do referido fenômeno, foi desenvolvido um simulador do circuito proposto, em Matlab. Ao aplicar uma sequência de sinais de 1s de duração, registrado por um microeletrodo

numa cultura de neurônios hipocampais de rato Wistar, Figura 8(a), foi obtida uma curva de razão sinal-ruído conforme Figura 8(b). Nota-se na região da curva próxima a 150 mV de ruído, um melhor nível de razão sinal-ruído.



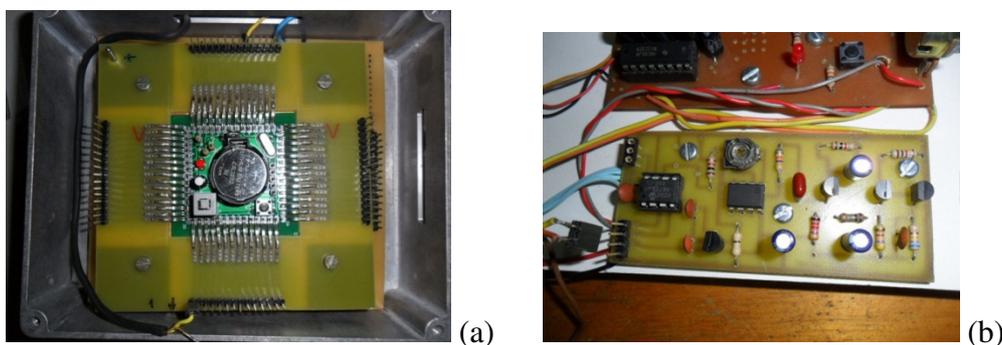
**Figura 8. (a) Diagrama de tempo de um sinal eletrofisiológico registrado por um microeletrodo da MEA, numa cultura *in-vitro* de rato Wistar; (b) razão sinal-ruído obtido para um simulador do circuito amplificador projetado, aplicando o sinal eletrofisiológico (a).**

No mesmo simulador do circuito proposto, ao aplicar uma sequência valores de um sinal periódico senoidal num tempo de 1s, Figura 9(a), foi obtida uma curva de razão sinal-ruído conforme Figura 9(b). O nível de ruído onde se nota um melhor nível de razão sinal-ruído é em torno de 80 mV.



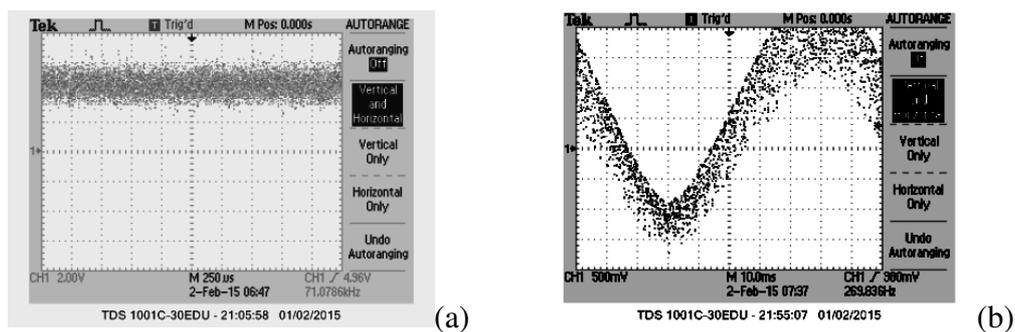
**Figura 9. (a) Diagrama de tempo de um sinal periódico senoidal; (b) razão sinal-ruído.**

Os experimentos foram desenvolvidos no protótipo de um canal do circuito proposto. Para proceder os experimentos, foi utilizado um sistema gerador de sinais desenvolvido por Fambrini (2014), denotado Simulador de MEA (SimMEA), que simula fisicamente o dispositivo MEA, gerando sinais apropriados nos terminais da MEA, quando se usa um soquete apropriado, Figura 10(a). Na Figura 10(b) é mostrada uma fotografia do protótipo de sistema amplificador implementado.



**Figura 10. Fotos: (a) de um simulador de MEA, SimMEA, montado sobre um soquete de MEA padrão; (b) protótipo do sistema amplificador implementado.**

Na Figura 11(a) mostra-se o ruído térmico gerado pelo circuito gerador, capturado por um osciloscópio; e a Figura 11(b) mostra o sinal capturado na saída do circuito amplificador com ressonância estocástica, para um sinal senoidal de entrada.



**Figura 11. (a) Ruído térmico gerado pelo circuito de geração de ruído desenvolvido; (b) Sinal obtido na saída do circuito amplificador com ressonância estocástica.**

## 5. Conclusões

Foi descrito o projeto de um sistema de amplificação com ressonância estocástica, onde o sinal de ruído térmico é adicionado ao sinal de baixa amplitude. O amplificador descrito é proposto para a amplificação e registro dos sinais de microeletrodos de MEAs, numa tentativa de amplificar sinais de amplitude muito baixa, menor que  $100 \mu\text{V}$ , perto dos ruídos intrínsecos dos amplificadores operacionais envolvidos, onde a linearidade da resposta não se aplica. A simulação e os experimentos descritos mostram que o circuito de ressonância estocástica proposto é capaz de capturar sinais de baixa amplitude.

## Referências

- Benzi, R.(1981)"The mechanism of stochastic resonance", *Journal of Physics A: Mathematical and General*, vol. 14, num.11.
- Fambrini, R. (2014) "Projeto e Construção de um Sistema de Amplificação de Sinais Registrados e Estimulação de Neurônios cultivados in vitro em Matrizes de Microeletrodos", *Dissertação de Mestrado, FACCAMP, C. Limpo Paulista, Brasil.*
- Gammaitoni, L., Hanggi, P., Jung, P., Marchesoni, F. (1998) "Stochastic Resonance", *Rev. Mod. Phys.* Vol.70, num.225.
- McDonnell, M.S., Abbott, S., Pearce, C.E.M. (2002) "A characterization of suprathreshold stochastic resonance in an array of comparators by correlation coefficient", *Fluctuation and Noise Letters*, vol.2, num.3, pp.213-228.
- McDonnell, M.D., Abbott, D. (2009) "What is stochastic resonance? Definitions, Misconceptions, Debates, and its Relevance to Biology", *PLOS Computational Biology*, vol.5, num.5, pp.1-9.
- MCS (2015) "Innovations in Electrophysiology, *Multi Channel Systems*". <http://www.multichannelsystems.com>.
- Thomas, C.A., Springer, P.A., Loeb, G.W., Berwald-Netter, Y., Okun, L.M. (1972) "A miniature microelectrode array to monitor the bioelectric activity of cultured cells", *Experimental Cell Research*, vol. 74, pp. 61–66.

# Mapeamento sistemático sobre experimentos educacionais com uso de dispositivos móveis.

João Roberto Ursino da Cruz<sup>1</sup>, Ana Maria Monteiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mestrado em Ciência da Computação – Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)  
Rua Guatemala, 167 - Campo Limpo Paulista – SP – 13231-230 – Brasil

jracruz9@gmail.com, anammont@cc.faccamp.br

**Abstract.** *The presence of mobile devices in learning environments is increasing and their use became the reason of study of various teachers and researchers. This article presents a systematic mapping from the annals of SBIE, WIE and RBIE seeking to identify the trends behind these experiments and analyzing in a systematic way how many and which studies are being made about this subject.*

**Resumo.** *A presença de dispositivos móveis nos ambientes de aprendizagem é cada vez maior e passou a ser motivo de estudo de vários professores e pesquisadores. Este artigo apresenta um mapeamento sistemático a partir dos anais do SBIE, WIE e da RBIE buscando identificar as tendências por trás destes experimentos e analisando de forma sistemática quantos e quais estudos estão sendo feitos sobre este assunto.*

## 1. Introdução

Segundo o senso divulgado pelo IBGE<sup>1</sup> em 2015, o número total de brasileiros já ultrapassava 204 milhões, e, ainda segundo o mesmo IBGE através de sua pesquisa PNAD<sup>2</sup> dois anos antes, em 2013, o número de brasileiros, que acessavam a internet através de dispositivos móveis já era superior a 85 milhões.

Não existem estudos estatísticos indicando qual o percentual de discentes que utilizam dispositivos móveis em ambiente de aprendizado, porém de forma empírica é possível perceber que este número vem crescendo gradativamente. Em consonância com este número cada vez maior de discentes, que utilizam dispositivos móveis como fonte de pesquisa e aprendizado, o número de professores e pesquisadores, que realizam experimentos com este tipo de dispositivos, também vem aumentando.

Este estudo consiste em um mapeamento sistemático sobre todas as iniciativas com o uso dos dispositivos móveis realizadas entre os anos de 2010 e 2014 relatadas nos anais da CEIE<sup>3</sup>.

Na Seção 2 são apresentados os objetivos deste trabalho, o planejamento, o protocolo seguido e a execução da pesquisa sistemática realizada a partir dos anais do SBIE, WIE e da RBIE. Na Seção 3 são apresentados os resultados obtidos, e finalmente na Seção 4 são feitas algumas considerações sobre tais resultados.

## 2. Objetivos e etapas do mapeamento sistemático

A importância da realização de mapeamentos sistemáticos para delimitar os parâmetros de um estudo tão abrangente pode ser constatada por Kitchenham (2004). Seguindo as indicações de Kitchenham (2004) e Biolchini et al. (2005) definiram-se as questões principais a serem respondidas pelo mapeamento sistemático. O objetivo do mapeamento sistemático foi encontrar possíveis respostas para as perguntas: *Quantos foram os*

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <<http://www.ibge.gov.br>>

<sup>2</sup> Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

<sup>3</sup> Comissão Especial de Informática na Educação <<http://www.br-ie.org/index.php>>

*experimentos de professores e pesquisadores realizados nos últimos 5 anos ligados ao uso de equipamentos móveis em ambiente de aprendizagem escolar ou ao desenvolvimento de aplicações relacionadas a esta plataforma? Qual o principal uso dessas aplicações? Quantos relataram melhoras no aprendizado? Quais as linguagens e ambientes de desenvolvimento dos aplicativos?*

O objetivo deste mapeamento sistemático é identificar como professores e pesquisadores vêm utilizando os aplicativos de dispositivos móveis dentro de ambientes de aprendizagem e classificá-los procurando identificar quantos experimentos relatados nos artigos obtiveram sucesso, e analisando quais foram os fatores preponderantes para a obtenção, ou não do sucesso.

As etapas do roteiro para esta pesquisa são: Planejamento, que consiste em elaborar o protocolo da pesquisa e as questões a serem respondidas por essa pesquisa; Execução, que consiste em aplicar o protocolo e colocar em um repositório adequado os artigos identificados; e Análise, ou seja, destacar e quantificar os resultados obtidos a partir dos artigos publicados, sendo com isso possível responder às questões definidas na primeira etapa.

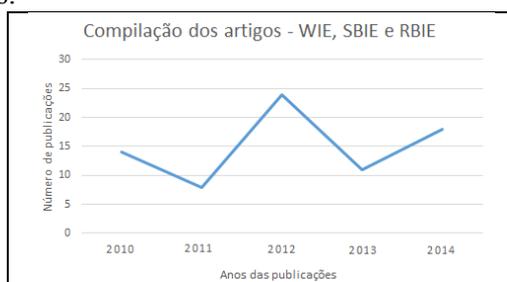
## 2.1 Planejamento e protocolo

O objetivo da etapa de planejamento consiste em definir os parâmetros para realizar a pesquisa sistemática, e as questões que devem ser respondidas com tal pesquisa.

## 2.2 Protocolo

Para a realização da pesquisa sistemática foram utilizados como fonte de dados os artigos publicados no WIE<sup>4</sup>, no SBIE<sup>5</sup> e na RBIE<sup>6</sup>, todos eventos organizados pelo CEIE. Como base de dados para a realização das pesquisas foi utilizado o Portal de Publicações da CEIE da SBC<sup>7</sup>. A escolha destas três fontes fez-se após avaliação junto a SBC dos eventos com maior número de publicações na linha de informática na educação.

Para manter a pesquisa dentro de um perfil atualizado na área de dispositivos móveis na educação, delimitou-se a consulta nas fontes de dados aos artigos publicados nos anos de 2010 a 2014. A figura 1 mostra o número de publicações de artigos em cada um dos anos pesquisados.



**Figura 1 - Compilação de publicações de artigos sobre experimentos com foco no uso de dispositivos móveis nos portais WIE, SBIE e RBIE**

Uma das características que poderiam dificultar a busca dos artigos foi a falta de um termo técnico exato que definisse os trabalhos realizados na área em questão. Por isso

4 Workshop de Informática na Escola < <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie>>

5 Simpósio Brasileiro de Informática na Educação < <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie>>

6 Revista Brasileira de Informática na Educação < <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie>>

7 Sociedade Brasileira de Computação

optou-se por realizar a pesquisa utilizando um número maior de palavras-chaves ligadas ao tema.

Para determinar quais seriam as palavras-chaves utilizadas no protocolo foi realizado um ensaio prévio utilizando a ferramenta Google Acadêmico (*Google Scholar*), no qual se pressupunha que o resultado da consulta deveria retornar pelo menos 04 artigos relevantes sobre o tema. Após a conclusão do ensaio ficou determinado o uso de 12 palavras-chaves: “*Mobile*”, “*M-Learning*”, “*Mobile-Learning*”, “*Celular*”, “*Smartphone*”, “*Tablet*”, “*Aprendizagem Móvel*”, “*Dispositivos Móveis*”, “*Jogos de Celular*”, “*Jogos Educacionais*”, “*Ubíquo*” e “*Ubíqua*”. Considerou-se ainda na definição das palavras-chaves o uso de termos nas línguas inglesa e portuguesa, pois as bases de dados permitem publicações de artigos em ambos idiomas.

Definiu-se também, seguindo Neubauer e Roman (2014), critérios objetivos para a inclusão e exclusão dos artigos encontrados após a realização das buscas do mapeamento sistemático nas bases de dados do CEIE.

Para serem inclusos no estudo, os artigos deveriam relatar: I – Experimentos utilizando dispositivos móveis, II – Experimentos descrevendo ações para aprimoramento da infraestrutura do ambiente de aprendizado escolar para comportar dispositivos móveis, III – Experimentos de desenvolvimento de softwares para dispositivos móveis ou IV – Experimentos utilizando software de dispositivos móveis. Também foram considerados para este estudo outros mapeamentos que tiveram como tema central o uso de dispositivos móveis em ambiente de aprendizado.

Seriam excluídos do estudo os artigos que não atendessem os critérios de inclusão, ou não deixassem claros em seus relatos a relevância do estudo no processo de ensino-aprendizado.

### 2.3 Execução

Como resultado da busca determinada pelo protocolo foram selecionados inicialmente 76 artigos e após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos este número foi reduzido para 50 artigos.

Dos artigos descartados observou-se que 69,26% (18) artigos relatavam experimentos realizados no desenvolvimento de jogos educacionais em outras plataformas de hardware ou software.

Mesmo não relatando diretamente nenhum experimento realizado com dispositivos móveis três artigos foram mantidos por se tratarem de revisões sistemáticas ligadas ao tema do estudo.

## 3. Análise dos Resultados

Como resultado do mapeamento realizado nas bases de artigos dos sites da CEIE, obtiveram-se os resultados apresentados nas tabelas a seguir:

**Tabela 1 – Artigos sobre Dispositivos Moveis pesquisados nas bases de dados de CEIE (2010-2014)**

<b>Artigos</b>	<b>Total</b>
Total de artigos pesquisados	76
Total de artigos excluídos	26
Total de artigos incluídos no mapeamento	50

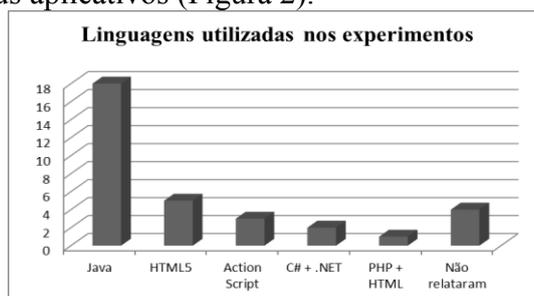
**Tabela 2 - Forma de utilização dos dispositivos móveis utilizados nas pesquisas apresentadas nos artigos incluídos no mapeamento**

Forma de utilização	Total
Conteúdo de ensino	09
Apoio ao ensino de outros conteúdos	37
Ambas	01
Outros usos	03

**Tabela 3 – Resultados apresentados nos artigos**

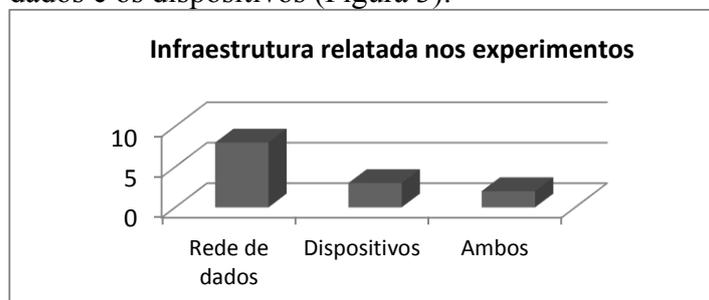
Conclusão dos experimentos	Total
Relataram melhoras no aprendizado	19
Relataram não haver melhoras no aprendizado	01
Não relataram resultados de aprendizagem	30

Dos 33 artigos selecionados para o mapeamento que relataram ter desenvolvido aplicativos móveis para o uso em seus experimentos, 18 usaram como linguagem de programação *Java* através de *KDEs* como o *Eclipse* ou o *NetBeans* ou pacotes de desenvolvimento para o ambiente *Android* como o *Android SDK*, o *MIT SDK* e o *JADE*; 05 artigos usaram *HTML5* associado ao *MLE (Moodle Mobile Learning)* ou a outras ferramenta de formatação como o *CSS* e o *Java Script*; 03 artigos relataram o uso do *Action Script*; 02 artigos relatam o uso do ambiente *.NET* associado à linguagem *C#*; 01 relatou o uso da linguagem *PHP* associada ao *HTML*; 04 não relataram as linguagem utilizadas no desenvolvimento de seus aplicativos (Figura 2).



**Figura 2 - Linguagem utilizadas durante a realização de experimentos com dispositivos móveis**

Dos 13 artigos selecionados para o mapeamento sistemático que relataram a infraestrutura utilizada para realização de seus experimentos, 08 descreveram apenas a infraestrutura de redes de dados, 03 apenas dispositivos móveis, 02 relataram a infraestrutura de dados e os dispositivos (Figura 3).



**Figura 3 - Tipos de Infraestrutura relatadas na execução dos experimentos**

#### **4. Considerações finais sobre Mapeamento Sistemático**

Neste artigo foi realizado um mapeamento sistemático buscando identificar como pesquisadores e professores estão desenvolvendo software em dispositivos móveis e os aplicando dentro do ambiente de aprendizagem.

Observou-se então que 4,27% (50) do total de publicações realizadas entre 2010 e 2014 nos eventos do CEIE relatavam o desenvolvimento de aplicações para serem utilizadas com dispositivos móveis e que destes apenas 38% (19) dos experimentos relataram alguma melhora na aprendizagem dos discentes após o experimento e 58% (29) dos trabalhos pesquisados relatavam alguma implementação ou novos trabalhos futuros. Em relação ao uso destes experimentos no ambiente de aprendizado, os mesmos se dividiam em duas linhas: 18% (09) dos experimentos relatavam o uso como conteúdo de aprendizado e outros 74% (37) dos experimentos relatavam o uso como apoio a outros conteúdos ministrados.

O mapeamento também indicou que 34% (17) dos experimentos relatavam o uso de jogos educativos ou recursos multimídia para interação com o discente, o que indica uma tendência de professores e pesquisadores a utilização de jogos educativos combinados à mobilidade para reforçar os conceitos ensinados no ambiente de aprendizagem formal.

No mapeamento foram achados poucos relatos de experimentos focados no preparo do ambiente de aprendizado formal para a presença de dispositivos móveis. Jones e Jo (2004) já afirmavam que, assim como houve a alguns anos a necessidade de que escolas e professores se adaptassem ao ambiente computacional e ao *e-learning*, um novo movimento deve ser realizado nas instituições de ensino para que elas se adaptassem à utilização de dispositivos móveis.

Como considerações finais deste mapeamento sistemático podemos identificar que o uso de dispositivos móveis no ambiente de aprendizagem já é uma realidade, seja na forma de aprendizagem de conteúdos, seja na forma de ferramenta de apoio, no entanto, também podemos observar que ainda existe a necessidade de outros estudos para indicar quais são os métodos mais eficazes para a utilização destes dispositivos no contexto educacional.

#### **5. Referencias**

- Biolchini, J., Mian, P. G., Natali, A. C. C., e Travassos, G. H. (2005). "Systematic review in software engineering". Technical Report TR - ES 679 / 05, Systems Engineering and Computer Science Department, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Jones, V. e Jo, J.H. (2004). "Ubiquitous learning environment: An adaptive teaching system using ubiquitous technology". 21<sup>st</sup>. ASCILITE Conference p. 468-474.
- Kitchenham, B. (2004). "Procedures for performing systematic reviews". Technical Report TR/SE - 0401, Keele University, Keele, Staffs, UK. ISSN: 1353-7776.
- Neubauer, T. e Roman, N. T. (2014). Preparação para representação semântica em Língua Natural, Anais X Workshop Computação da FACCAMP, p.33-36.

# Conjecturas sobre Dificuldades do Uso da Linguagem CHR na Programação de Raciocínios Abdutivos por não Especialistas em Programação Lógica

**Ricardo José Martins<sup>1,2</sup>, Osvaldo Luiz de Oliveira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)

Rua Guatemala, 167, Jd. América – Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

<sup>2</sup>IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho

Caixa Postal 02 – 37890-000 – Muzambinho – MG – Brasil

ricardo.martins@muz.ifsuldeminas.edu.br, osvaldo@faccamp.br

**Abstract.** *Abductive reasoning formulate hypotheses to explain observed facts using as basis a theory. Numerous intellectual tasks, including medical diagnosis, fault diagnosis, scientific discovery, legal reasoning and interpretation make use of abductive reasoning. This article describes how the CHR (Constraint Handling Rules) language can be used in abductive reasoning programming and conjectures the main difficulties faced by non-specialists in logic programming when using CHR.*

**Resumo.** *Raciocínios abdutivos formulam hipóteses para explicar fatos observados, considerando uma teoria como base. Inúmeras tarefas intelectuais, incluindo diagnóstico médico, diagnóstico de falhas, descoberta científica, argumentação jurídica e interpretação fazem uso de raciocínio abductivo. Este artigo descreve como a linguagem CHR (Constraint Handling Rules) pode ser empregada na programação de raciocínios abdutivos e conjectura as principais dificuldades do uso desta linguagem por não especialistas em programação lógica.*

## 1. Introdução

Abdução é um tipo de inferência lógica que objetiva formular possíveis hipóteses para explicar fatos observados considerando como fundamento uma teoria. O campo de aplicação das técnicas para realizar raciocínio abductivo por meio de computadores é extenso e inclui diagnóstico médico, descoberta de falhas em sistemas, interpretação de linguagem natural e planejamento, entre outras. Uma definição formal de raciocínio abductivo e exemplos de emprego deste tipo de raciocínio são apresentados em Rodrigues, Oliveira & Oliveira (2014) e Rodrigues (2015).

Entre as diversas propostas para programação de raciocínio abductivo destaca-se hoje em dia a linguagem CHR (*Constraint Handling Rules*). O trabalho em desenvolvimento descrito neste artigo se insere dentro de um contexto mais amplo do desenvolvimento de uma linguagem para programação de raciocínios abdutivos dirigida especialmente a não especialistas em programação lógica. Particularmente, este artigo descreve como a linguagem CHR pode ser utilizada na programação de raciocínios

adbtivos e conjectura as principais dificuldades do uso desta linguagem por não especialistas em programação lógica.

O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 apresenta a linguagem CHR e discute o funcionamento de um programa em CHR. A Seção 3 mostra como raciocínios abduativos podem ser programados em CHR. Como considerações finais, a Seção 4 levanta hipóteses sobre dificuldades do uso de CHR por não especialistas em programação lógica.

## 2. A Linguagem CHR

A linguagem CHR foi desenvolvida na década de 1990 e foi apresentada pela primeira vez em Frühwirth (1998). Hoje CHR está presente como extensão linguística dos principais sistemas que implementam Prolog (e.g., SWI-Prolog, SICStus Prolog). Programas nestes sistemas podem conter uma mistura de sentenças das linguagens Prolog e CHR ou apenas sentenças da linguagem CHR, uma vez que CHR é Turing completa. CHR herda a nomenclatura básica da linguagem Prolog. Aplicam-se a CHR as mesmas noções e definições atribuídas pela literatura de Prolog (e.g., Bramer (2013)) a constantes, variáveis, átomos, termos, predicados, aridade de predicado, regra, cláusula, cabeça e corpo de cláusula, questões, objetivo, uso de letras maiúsculas para variáveis etc.. Um programa CHR é composto por três tipos regras cujos formatos são:

- Regras de simplificação:  $h_1, h_2, \dots, h_n \Leftrightarrow \text{Guarda} \mid b_1, b_2, \dots, b_m$ .
- Regras de propagação:  $h_1, h_2, \dots, h_n \Rightarrow \text{Guarda} \mid b_1, b_2, \dots, b_m$ .
- Regras de “Simpagação”:  $h_1, h_2, \dots, h_n \setminus h_{n+1}, h_{n+2}, \dots, h_p \Rightarrow \text{Guarda} \mid b_1, b_2, \dots, b_m$ .

Cada  $h_i$  e cada  $b_i$  é um predicado especialmente denominado predicado de restrição ou, simplesmente, restrição ( $n \geq 1, m \geq 1$  e  $p \geq 2$ ). Os predicados de restrição  $h_i$  e  $b_i$  formam o que, de maneira correlata às regras de Prolog, chamam-se, respectivamente, de cabeça e corpo da regra. A “,” (virgula) é o operador de sequenciamento e significa conjunção. No corpo de uma regra é possível usar o operador “;” no lugar do operador “,” para significar disjunção entre predicados. O *Guarda* é um conjunto, possivelmente vazio, de predicados separados pelo operador “;”. Um *Guarda* vazio é interpretado como verdade (true) e pode deixar de ser descrito.

As regras de um programa CHR podem ser entendidas com regras de reescrita sobre estados, sendo um estado definido pelo conjunto de restrições presentes em um certo instante em um banco de restrições, a partir daqui chamado apenas de banco. Inicialmente o banco é preenchido com a questão a ser avaliada. Uma regra é aplicada se (1) a cabeça da regra coincide com a cabeça de restrições presentes no banco e (2) o guarda da regra é satisfeito. Regras de simplificação implementam uma bi-implicação, trocando um conjunto de restrições no banco por outro conjunto de restrições equivalente. Regras de propagação implementam uma implicação por adicionar novas restrições sem remover seus “antecedentes”. Regras de “simpagação” são uma mistura das outras duas, sendo que as restrições na cabeça que aparecem antes da barra invertida permanecem no banco e aquelas que estão após a barra invertida são removidas. CHR poderia funcionar apenas com regras de “simpagação”, uma vez que ela pode ser usada para simular as outras duas. A unificação de átomos ocorre como em Prolog. Uma descrição formal da semântica operacional de CHR é apresentada em Duck *et al.* (2004).

**Exemplo 1.** O programa CHR ilustrado na Figura 1-a estabelece regras para a igualdade de duas variáveis e está escrito de acordo com a sintaxe da biblioteca CHR disponível no sistema SWI-Prolog. A linha 1 declara que o programa usará o predicado de restrição *menorIgual* que possui aridade 2. As linhas 2, 3, 4 e 5 definem regras que descrevem, respectivamente, as propriedades reflexiva, antissimétrica, idempotente e transitiva da igualdade entre duas variáveis. Todas as regras possuem cabeça, corpo e guarda vazio, o que significa que o guarda é sempre true. As linhas 2 e 3 são exemplos de regras de simplificação. Ou seja, a ocorrência de *menorIgual(X,X)* no banco de restrições deve ser substituída por *true* e, a ocorrência simultânea de *menorIgual(X,Y)* e *menorIgual(Y,X)* deve ser substituída por *X=Y*. A linha 4 é um exemplo de uma regra de “simpagação” e descreve que na ocorrência de duas restrições *menorIgual(X,Y)* uma delas será removida do banco de restrições. A linha 5 é um exemplo de uma regra de propagação e descreve que, na ocorrência das restrições *menorIgual(X,Y)* e *menorIgual(Y,Z)* elas devem ser mantidas e uma nova restrição, *menorIgual(X,Z)*, deve ser escrita no banco de restrições. ■

<pre> 1. :- chr_constraint menorIgual/2. 2. menorIgual(X,X) &lt;=&gt; true. % Regra para a propriedade reflexiva. 3. menorIgual(X,Y) , menorIgual(Y,X) &lt;=&gt; X = Y. % Regra para a propriedade antissimétrica. 4. menorIgual(X,Y) \ menorIgual(X,Y) &lt;=&gt; true. % Regra para a propriedade idempotente. 5. menorIgual(X,Y) , menorIgual(Y,Z) ==&gt; menorIgual(X,Z). % Regra para a propriedade transitiva. (a) 1. ?- menorIgual(X,Y) , menorIgual(Y,Z) , menorIgual(Z,X). 2. X = Y, X = Z ; 3. false. (b) </pre>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Figura 1. Exemplo de um programa CHR.**

Operacionalmente um programa CHR usa regras para, passo a passo, modificar um banco  $B$ , inicialmente em um estado  $B^1$  preenchido com uma questão  $Q$ . Em cada passo uma regra é escolhida para ser aplicada. A regra a ser escolhida é a primeira da ordem em que são escritas a casar suas cabeças com restrições em  $B$ . A aplicação de uma regra é chamada de derivação. Quando a quantidade de derivações é finita e termina com  $B$  em um estado  $B^n$  ( $n \geq 1$ ), se  $B^n$  for uma contradição então diz-se que as derivações falharam, caso contrário, as derivações foram bem sucedidas e  $B^n$  é o conjunto de restrições que respondem à questão  $Q$ .

**Exemplo 2.** A Figura 1-b mostra a execução do programa da Figura 1-a para uma questão  $Q = \text{menorIgual}(X,Y), \text{menorIgual}(Y,Z), \text{menorIgual}(Z,X)$ , descrita na linha 1. O sistema executa  $Q$  e dá como um resultado  $X = Y, X = Z$  (linha 2). O “;” digitado ao final da linha 2 solicita ao sistema que apresente outros resultados. Como neste caso não há, o sistema responde com *false* (linha 3). Operacionalmente, o sistema começa inicializando um banco, digamos  $B$ , com as restrições da questão, assim  $B$  em seu estado 1 é  $B^1 = \{ \text{menorIgual}(X,Y), \text{menorIgual}(Y,Z), \text{menorIgual}(Z,X) \}$ . A regra de transitividade (linha 1, Figura 1-a) é aplicada à primeira e segunda restrição de  $B$ , produzindo a inserção de *menorIgual(X,Z)* a  $B$ , que no estado 2 passa a ser  $B^2 = \{ \text{menorIgual}(X,Y), \text{menorIgual}(Y,Z), \text{menorIgual}(Z,X), \text{menorIgual}(X,Z) \}$ . No próximo passo, a regra de antissimetria (linha 3, Figura 1-a) é aplicada à terceira e à quarta restrição de  $B$ , para produzir a ligação (*binding*) entre as variáveis  $X$  e  $Z$ , derivando  $B^3 = \{ \text{menorIgual}(X,Y), \text{menorIgual}(Y,Z), X=Z \}$ . Como  $X=Z$  então  $B^3 = \{ \text{menorIgual}(X,Y), \text{menorIgual}(Y,X), X=Z \}$  também. Em seguida, novamente a regra de antissimetria é aplicada à primeira e segunda restrições de  $B$ , produzindo a ligação  $X=Y$ , para derivar  $B^4 = \{ X=Y, X=Z \}$ . Como nenhuma regra pode ser aplicada a  $B^4$  então o conjunto de derivações tem fim e  $\{ X=Y, X=Z \}$  é o conjunto de restrições que responde à questão  $Q$ . ■

### 3. Raciocínios Abdutivos com CHR

A ideia de usar CHR para implementar abdução foi proposta pela primeira vez em Abdennadher & Christiansen (2000). De forma geral, um programa CHR para abdução possui a seguinte estrutura: (1) a teoria é descrita por meio de regras; (2) as hipóteses

$(h_1, h_2, \dots, h_n)$  que possivelmente possam ser respostas ao raciocínio são declaradas como predicados de restrição (e.g.,  $:- \text{chr\_constraint } h_1, h_2, \dots, h_n$ ), neste contexto também chamados de predicados abduíves; (3) os fatos  $(f_1, f_2, \dots, f_m)$  são inseridos como uma questão (e.g.,  $?- f_1, f_2, \dots, f_m$ ).

**Exemplo 3.** A Figura 2-a apresenta o diagrama elétrico de um circuito constituído por duas lâmpadas, dois interruptores, uma bateria e fios. Um programa CHR modelando possíveis falhas e funcionalidades que levam as lâmpadas do circuito estarem apagadas ou acesas é apresentado na Figura 2-b. Na linha 1 estão declarados os possíveis predicados que podem ocorrer como resposta de um raciocínio abduívo. As linhas de 2 a 5 contêm regras para modelar falhas e funcionalidades do circuito. As linhas de 6 a 8 definem regras para manipular inconsistências como, por exemplo, não é possível ao mesmo tempo o interruptor 1 estar ligado e desligado (linha 6). A Figura 2-c ilustra a execução do programa para o fato *lâmpada\_1\_apagada*. A série de pontos e vírgula que separam o resultado indica que o raciocínio realizado conduziu a três hipóteses que são *interruptor\_1\_desligado* **ou** *bateria\_sem\_carga* **ou** *interruptor\_2\_desligado*. A Figura 2-d ilustra a execução do programa para os fatos *lâmpada\_1\_apagada*, *lâmpada\_2\_acesa*. Neste caso, o resultado conduziu a uma hipótese que deve ser lida como *interruptor\_2\_desligado e bateria\_com\_carga e interruptor\_1\_ligado*. ■

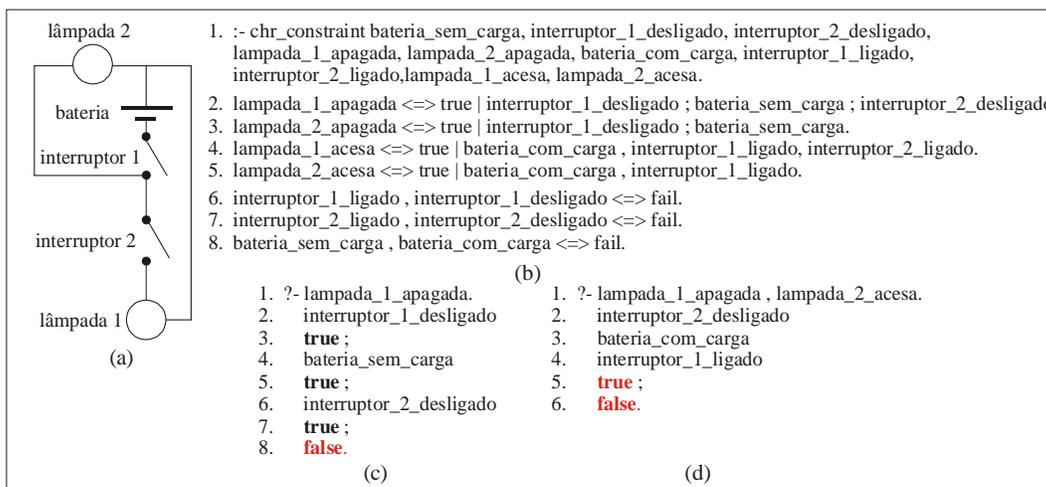


Figura 2. Um programa CHR para abdução sobre um circuito elétrico.

#### 4. Considerações Finais: conjecturas sobre dificuldades do uso da linguagem CHR por não especialistas em programação lógica

CHR permite a descrição de raciocínios abduívos e o seu uso conjuntamente com Prolog tem uma série de vantagens. Entretanto, é possível conjecturar que o uso de CHR por não especialistas em programação lógica engloba as seguintes dificuldades.

Em primeiro lugar, há uma grande diferença sintática entre sentenças descrevendo regras em língua natural e as respectivas sentenças expressas em CHR. Por exemplo, é natural a expressão da sentença “se a bateria está sem carga ou o interruptor 1 está desligado então a lâmpada 2 está apagada”. No entanto, a estrutura sintática da correspondente sentença em CHR para descrever este mesmo conteúdo é muito diferente (Figura 2-b, linha 3), impondo ao programador esforço cognitivo de tradução. De forma similar, a leitura e interpretação dos resultados também tem seus desafios. Por exemplo, o resultado apresentado na Figura 2-c é “interruptor 1 desligado ou bateria sem carga ou interruptor 2 desligado” e o resultado da Figura 2-d é “interruptor 2 desligado e bateria

sem carga e interruptor 1 ligado”. No entanto, o que é apresentado nestas figuras é sintaticamente muito diferente disto. Adicionalmente, não tendo sido proposta originalmente para a realização de raciocínios abdutivos, mas para resolver diferentes tipos de restrições: (1) CHR não incorpora, diretamente na sua terminologia, estruturas linguísticas do domínio dos raciocínios abdutivos (e.g., teoria, hipóteses, fatos etc.); (2) oferece fraco suporte linguístico para a descrição de sentenças que contêm negação; (3) obriga determinar por antecipação os predicados abdutíveis e a descrevê-los na seção `chr_constraint` (e.g., linha 1, Figura 2-b).

CHR, assim como Prolog, são linguagens declarativas. No entanto, a beleza da programação lógica em permitir ao programador pensar apenas nas declarações para compor um programa, há muito tempo foi perdida pelas implementações possíveis destes sistemas. Hoje, para programar em Prolog, e isto também vale para CHR, há a necessidade do programador conhecer profundamente a semântica operacional destas linguagens (e.g., *backtracking*, negação como falha, derivação de regra CHR).

Por fim, CHR não oferece facilidades especiais para: (1) o desenvolvimento de raciocínios mais complexos a partir da associação dos resultados de dois ou mais raciocínios, seja pela união, intersecção ou diferença que existe entre eles; (2) administração da complexidade da base de conhecimento à medida em que ela cresce em quantidade de regras. A impossibilidade de segmentar a base de conhecimento, por exemplo conferindo nomes a diferentes conjuntos de regras, pode levar o não especialista a se perder diante de uma grande base.

Os próximos passos desse trabalho envolvem o projeto de uma linguagem que seja uma resposta aos problemas aqui identificados.

## Referências

- Abdennadher, S., Christiansen, H. (2000) “An experimental CLP platform for integrity constraints and abduction”, in *Proceedings of the Flexible Query Answering Systems: Advances in Soft Computing Series*, FQAS 2000, pp. 141–152.
- Bramer, M. (2013) “Logic programming with Prolog”, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, London.
- Duck, G. J., Stuckey, P. J., Banda, M. J. G., Holzbaur, C. (2004) “The refined operational semantics of Constraint Handling Rules”, in *Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Conference on Logic Programming*, ICLP 2004, pp. 90–104.
- Frühwirth, T. (1998) “Theory and practice of constraint handling rules”, *Journal of Logic Programming*, 37 (1–3), pp. 95–138.
- Rodrigues, F., Oliveira, C. E. A. & Oliveira, O. L. (2014) “Peirce: an algorithm for abductive reasoning operating with a quaternary reasoning framework”, *Research in Computer Science*, v. 82, pp. 53–66.
- Rodrigues, F. (2015) “Um algoritmo para abdução peirceana baseado em uma estrutura de raciocínio quaternária em Lógica”, Dissertação de Mestrado, Faccamp, [on-line], Disponível em [http://www.cc.faccamp.br/Dissertacoes/Felipe\\_2015.pdf](http://www.cc.faccamp.br/Dissertacoes/Felipe_2015.pdf).

# Impacto da ordenação de matrizes por *nested dissection* nos métodos de pontos interiores

Wellington Barbosa Rodrigues, Marta Ines Velazco Fontova

Mestrado em Ciência da Computação – Faculdade Campo Limpo Paulista  
(FACCAMP)

Rua Guatemala, 167 - Campo Limpo Paulista – SP – 13231-230 – Brasil

wellbar2@yahoo.com.br, marta.velazco@gmail.com

**Abstract.** *Interior point methods are efficient for solving linear programming problems. The calculation search directions requires the solution of one or more linear systems. This is the most computationally expensive step; the systems involve sparse and poorly conditioned matrices. To solve the systems, direct methods using the Cholesky decomposition or iterative methods using conjugate gradient may be used. Results show that the system matrix reordering brings advantages in the solution calculation of direct methods. This project will investigate the impact of the nested dissection ordination on linear systems solution from interior point method, using the conjugate gradient method.*

**Resumo.** *Os métodos de pontos interiores são eficientes na solução de problemas de programação linear de grande porte. O cálculo das direções de busca requer a solução de um ou mais sistemas lineares. Este é o passo mais caro computacionalmente; os sistemas envolvem matrizes esparsas e mal condicionadas. Para solução dos sistemas podem ser utilizados métodos diretos por fatoração de Cholesky ou métodos iterativos por meio do método do gradiente conjugado. Resultados mostram que a reordenação da matriz do sistema traz vantagens no cálculo da solução por métodos diretos. Este projeto investigará o impacto da ordenação nested dissection na solução de sistemas lineares oriundos de métodos de pontos interiores, através do método do gradiente conjugado.*

## 1. Introdução

Por muitos anos o método simplex foi o mais eficiente para solução de problemas de programação linear. Este método se movimenta pelos pontos extremos do polítopo, definido pelas restrições do problema, até uma solução ótima. No pior caso, ele percorre todos os pontos extremos o que caracteriza um método de ordem não polinomial (Vanderbei, 2001).

Karmarkar (Karmarkar, 1984) propôs o primeiro método de pontos interiores de ordem polinomial. Esse método, como o próprio nome diz, trabalha exclusivamente nos pontos interiores da região factível do problema. O passo de maior custo computacional é a resolução de um ou mais sistemas lineares a cada iteração no cálculo das direções de busca (Vanderbei, 2001). Por meio da escolha de métodos eficientes para resolução dos sistemas lineares e da preparação das matrizes, tanto o tempo de solução quanto o consumo de requisitos computacionais podem ser reduzidos.

O uso de métodos de reordenação das matrizes envolvidas no processo da resolução dos sistemas lineares tem apresentado bons resultados em métodos diretos. Alguns dos métodos de reordenação mais utilizados são: mínimo grau (George & Liu, 1994), Cuthill-McKee (Carvalho *et al.*, 2009) e *Nested Dissection* (George & Liu, 1994).

Para a solução de sistemas lineares oriundos de métodos de pontos interiores por métodos diretos é utilizada a fatoração de Cholesky. Este método, em problemas esparsos cria fatores com maior quantidade de elementos não nulos da matriz. Nesses casos, a reordenação da matriz do sistema proporciona menor preenchimento (George & Liu, 1994).

Em (Carmo, 2005) foi feito um estudo do impacto dos métodos de ordenação na solução de sistemas lineares pelo método do gradiente conjugado preconditionado, utilizando um preconditionador por fatoração controlada de Cholesky. Os resultados mostraram que o método de mínimo grau foi o método de ordenação com melhores resultados após a fatoração controlada de Cholesky; a matriz teve o menor preenchimento causando redução nas iterações do gradiente conjugado.

Este trabalho está organizado em seções. Na Seção 2 são apresentados os métodos de pontos interiores. A Seção 3 descreve os sistemas lineares oriundos de método de pontos interiores. Dois métodos de ordenação para matrizes esparsas serão mostrados na Seção 4. A Seção 5 descreve uma proposta de testes a serem realizados para comparativo entre os métodos de ordenação. Por fim, a Seção 6 apresenta as considerações finais e estudos futuros.

## 2. Métodos de pontos interiores

Um problema de otimização linear pode ser representado na forma padrão do primal:

$$\begin{array}{ll} \min & c^T \cdot x \\ \text{sujeito a} & A \cdot x = b \\ & x \geq 0 \end{array}$$

Sendo  $A \in \mathfrak{R}^{m \times n}$  a matriz de restrições de  $m$  linhas e  $n$  colunas,  $c \in \mathfrak{R}^n$  o vetor de coeficiente da função objetivo,  $b \in \mathfrak{R}^m$  o vetor das restrições e  $x \in \mathfrak{R}^n$  é o vetor de variáveis a serem determinadas (Vanderbei, 2001).

A partir do problema primal, define-se o problema dual:

$$\begin{array}{ll} \max & b^T \cdot y \\ \text{sujeito a} & A^T \cdot y + z = c \\ & z \geq 0 \end{array}$$

Onde  $y \in \mathfrak{R}^m$  é o vetor de variáveis duais livres e  $z \in \mathfrak{R}^n$  é o vetor de variáveis de folga (Vanderbei, 2001).

O método preditor-corretor calcula duas direções a cada iteração para as variáveis primais e duais  $[x,y,z]$ . As direções são obtidas aplicando o método de Newton no sistema não linear formado pelas condições de otimalidade descritas em (1).

$$\begin{pmatrix} Ax - b \\ A^T y + z - c \\ XZe \end{pmatrix} = 0; \quad [x, z] \geq 0 \quad (1)$$

Definindo os resíduos  $[r_p, r_d, r_a]$  como  $r_p = b - Ax$ ,  $r_d = c - A^T y - z$  e  $r_a = -XZe$ , uma solução ótima será obtida quando os mesmos forem nulos.

### 3. Solução de sistemas lineares

No cálculo das direções de busca nos métodos de pontos interiores, o sistema linear obtido ao aplicar o método de Newton em (1) é reduzido por substituição em um sistema de equações normais como segue:

$$(ADA^t)dy = r_p + A(Dr_d - Z^{-1}r_a) \quad (2)$$

Para a solução de tal sistema são utilizados métodos diretos ou métodos iterativos. Como a matriz  $ADA^t$  é simétrica e definida positiva a fatoração de Cholesky (Golub & Loan, 2013) é a abordagem direta utilizada. Porém, em problemas de grande porte com matrizes de restrições muito esparsas temos aumento no preenchimento do fator gerando um maior custo computacional (George & Liu, 1994).

Outra forma de solucionar este sistema é por métodos iterativos. Pelas características da matriz, o método mais utilizado é o método do gradiente conjugado. Porém, este método pode ter problemas de convergência pelo mal condicionamento da matriz do sistema (2) (Golub & Loan, 2013), fazendo necessário o uso de preconditionadores.

Os métodos de reordenação também buscam reduzir o efeito de preenchimento, chamados *fill-in*, durante o processo de fatoração das matrizes esparsas. Isto traz vantagens na solução dos sistemas por meio da fatoração de Cholesky (George & Liu, 1994) assim como na solução pelo gradiente conjugado preconditionado com preconditionadores que usam fatoração incompleta (Carmo, 2005).

### 4. Métodos de ordenação

Rothberg em (Rothberg & Hendrickson, 1998) mostra que o método *nested dissection* apresenta melhores ordenações que os métodos comumente utilizados, como mínimo grau, para a ordenação das matrizes específicas de métodos de pontos interiores. Os resultados são apresentados utilizando a fatoração de Cholesky para a solução dos sistemas. Este trabalho investigará o impacto do método *nested dissection* na solução dos sistemas lineares, mas utilizando métodos iterativos. A seguir serão descritos os dois métodos de ordenação que serão utilizados.

#### 4.1. Método de Mínimo grau

Na ordenação pelo método de mínimo grau, a matriz simétrica  $ADA^t$  é representada em um grafo. O primeiro vértice na reordenação será o de menor grau. Este vértice é eliminando, assim como todas as arestas incidentes. O que em sua representação através de matriz, indica que a linha de maior esparsidade foi permutada com a primeira linha (George & Liu, 1994). Seguidamente, o grafo é atualizado criando novas arestas entre cada par de vértices adjacentes ao vértice eliminado. Esse processo é repetido até termos

apenas um vértice, que será o último vértice na ordenação, com isso mantendo as linhas mais densas da matriz nas últimas posições. Este método tem como vantagem o baixo custo computacional para a tomada de decisão sobre qual será o próximo vértice a ser escolhido na ordenação.

#### 4.2. Método *Nested Dissection*

O *nested dissection* leva vantagem em relação ao mínimo grau devido à velocidade de execução e menor consumo de recursos para armazenamento (George & Liu, 1994). Neste método, a matriz  $A$  é representada como um grafo  $G^A$ . Primeiro, procura-se um conjunto de vértices  $S$  que separa o grafo em dois subgrafos  $C^1$  e  $C^2$ , chamados de vértices separadores (George & Liu, 1994). Em seguida, os vértices de  $C^1$ ,  $C^2$  são reordenados e, por último, os vértices  $S$ . Esse processo é aplicado recursivamente em  $C^1$  e  $C^2$ . Na matriz, significa mover as linhas/colunas que representem os vértices  $S$  para o fim e as linhas/colunas que representem os vértices  $C^1$  e  $C^2$  para o começo da matriz. A maior dificuldade desse método de ordenação é encontrar os nós separadores para fazer a bisseção do grafo.

### 5. Testes numéricos

O estudo comparativo dos métodos de ordenação será realizado por meio de testes numéricos utilizando problemas das bibliotecas de domínio público: NETLIB (Mittelmann), QAP (Burkard *et al.*, 1991). Para isto, os métodos de ordenação serão introduzidos no código PCX-Modificado (Bocanegra *et al.*, 2007) (Velazco *et al.*, 2010).

O código PCx é implementado nas linguagens C e Fortran (Mehrotra *et al.*, 1999). Neste código, problemas de programação linear são resolvidos utilizando o método preditor-corretor com múltiplas correções; os sistemas envolvidos são resolvidos por fatoração de Cholesky e é utilizada a ordenação por mínimo grau. No PCx-modificado, as múltiplas correções e o método de ordenação são desligados e os sistemas são resolvidos utilizando uma abordagem iterativa pelo método do gradiente conjugado pré-condicionado. O pré-condicionador utilizado é o pré-condicionador híbrido (Bocanegra *et al.*, 2007).

Os testes serão realizados em um processador Intel core I3 com 4Gb de memória com sistema operacional Linux.

### 6. Considerações finais e trabalhos futuros

O aumento do tamanho dos problemas de programação linear gera maior consumo de recursos computacionais e tempo de resolução. Através da escolha dos métodos mais eficientes para resolução dos sistemas lineares e preparação das matrizes, por exemplo com métodos de reordenação, podemos reduzir o número de operações.

Com isso se torna necessário para o estudo comparativo dos diversos métodos de ordenação utilizados durante o processo de resolução de sistemas lineares. Devido essa necessidade, os próximos passos desse estudo buscam verificar o impacto da ordenação de matrizes por *nested dissection* nos métodos de pontos interiores utilizando métodos iterativos para solução dos sistemas lineares.

## Referências

- Bocanegra, S., Campos, F. F. & Oliveira, A. R. L., (2007). Using a hybrid preconditioner for solving large-scale linear systems arising from interior point methods. *Computational Optimization and Applications*, pp. 149-164.
- Burkard, R. S., Karisch, S. & Rendl, F., (1991). QAPLIB - a quadratic assignment problem. *European Journal of Operations Research*, pp. 115-119.
- Carmo, F. C. d., (2005). Análise da Influência de Algoritmos de Reordenação de Matrizes Esparsas no Desempenho do Método CCCG( $\eta$ ). *Dissertação de Mestrado*, Agosto.
- Carvalho, M. A. M. d., Junqueira, N. M. P. & Soma, N. Y., (2009). Uma heurística para o problema de minimização de largura de banda em matrizes. *XLI Simpósio Brasileiro de pesquisa Operacional*.
- George, A. & Liu, J., (1994). *Compute Solution of Sparse Linear Systems*. s.l.:s.n.
- Golub, G. H. & Loan, C. F. V., (2013). *Matrix Computation*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Karmarkar, N., (1984). A new polynomial-time algorithm for linear programming. *Symposium on Theory of Computing*, 09 Novembro.
- Mehrotra, S., Czyzyk, J., Wagner, M. & Wright, S. J., (1999). PCx: an interior-point code for linear programming. *Opt. Methods & Soft*, pp. 397-430.
- Mittelmann, H. D., s.d. *Miscellaneous LP models collect by Hans D. Mittelmann*. [Online] Available at: <http://plato.asu.edu/ftp/lptestset/pds/>
- Oliveira, A. R. L. d. & Sorensen, D. C., (2005). A new class of preconditioners for large-scale linear systems from interior point methods for linear programming. *Linear Algebra and its Applications*, pp. 1-24.
- Rothberg, E. & Hendrickson, B., (1998). Sparse Matrix Ordering Methods for Interior Point Linear Programming. *INFORMS Journal of Computing*, pp. 107-113.
- Vanderbei, R. J., (2001). *Linear Programming: Foundations and Extensions*. Princeton: Princeton University.
- Velazco, M. I., Campos, F. F. & Oliveira, A. R. L. d., (2010). A note on hybrid preconditioner for large-scale normal equations arising from interior-point methods. *Optimization Methods & Software*, pp. 321—332.

# Busca eficiente em bancos de dados biométricos utilizando algoritmos de agrupamento sequencial

Jovani Antônio Maccarini, Luis Mariano Del Val Cura

Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)  
Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

jovanimaccarini@gmail.com, delval@cc.faccamp.br

***Abstract.** The method frequently used for templates searching in biometric databases is the expensive exhaustive searching. This paper proposes an alternative algorithm using the sequential clustering algorithm BSAS. The BSAS algorithm is used to organize the database in clusters considering the similarity measure among the data. The proposed algorithm reduces the searching space to the set of clusters most similar to the query template. This paper shows experimental results of the algorithm considering the variations of the size of searching space and parameters of the clustering algorithm BSAS.*

***Resumo.** A busca de um descritor biométrico em um banco de dados frequentemente é realizada através do método de busca exaustiva que possui um alto custo computacional. Este artigo propõe um algoritmo eficiente para esta busca utilizando o algoritmo de agrupamento sequencial BSAS. O algoritmo de agrupamento é utilizado para organizar os descritores biométricos no banco de dados em grupos considerando a similaridade entre estes descritores. O algoritmo proposto reduz o espaço de busca a um subconjunto de grupos mais similares ao descritor de consulta. No trabalho são apresentados resultados experimentais que mostram o comportamento do algoritmo com variações no tamanho do espaço de busca e nos parâmetros do algoritmo de agrupamento BSAS.*

## 1. Introdução

O uso da biometria tem se expandido de forma dramática nos últimos anos como consequência do aumento da necessidade de identificação das pessoas, fundamentalmente em aplicações de segurança. Todos os dias são realizados milhares de cadastros dos descritores biométricos, e com este aumento do volume de informação, os problemas do armazenamento e a recuperação destes descritores tem se convertido em tarefas complexas.

Um descritor biométrico é representado como um vetor de características construído por um algoritmo biométrico a partir do processamento de um registro geralmente capturado na forma de imagem, como é o caso da face, impressão digital, íris, dentre outros. Uma característica do registro biométrico de um indivíduo é que ele será diferente cada vez que uma nova captura for realizada e, portanto, o descritor de cada registro será também diferente. Como consequência, para decidir se dois descritores biométricos pertencem ao mesmo indivíduo é necessário comparar estes

descritores através de uma função de similaridade. Esta função de similaridade pode ser utilizada em dois tipos diferentes de sistemas biométricos: sistemas de *verificação* e sistemas de *identificação* [Maltoni 2003]. Nos sistemas de *verificação*, um descritor de consulta se rotula com a suposta identidade de um indivíduo e é comparado com o descritor desse indivíduo na base de dados. Este sistema apresenta como saída a confirmação ou não da identidade. Em um sistema de *identificação*, um descritor de consulta é comparado com todos os descritores de indivíduos armazenados em uma base de dados. A saída deste sistema indica se o indivíduo existe ou não no banco de dados ou, então, pode ser o conjunto dos descritores de indivíduos (um ou mais) que mais se assemelham ao indivíduo no descritor de consulta. Em ambos os tipos de sistemas é utilizado um limiar de similaridade para tomar a decisão sobre a comparação dos descritores. Note-se que no caso de registros de baixa qualidade ou ainda por limitações do algoritmo biométrico, dois descritores de um mesmo indivíduo, quando comparados, podem gerar valores de similaridade baixos provocando erros de reconhecimento. Estes erros são próprios de qualquer sistema biométrico, isto é, espera-se em um sistema biométrico uma certa taxa de erros de reconhecimento.

Para implementar um sistema de *identificação* a solução mais simples é a busca exaustiva do banco de dados. Nesta busca, aplica-se a função de similaridade sobre o descritor de consulta e todos os descritores no banco de dados e seleciona-se aquele com maior valor de similaridade. Idealmente, o descritor selecionado deveria ser do mesmo indivíduo do descritor de consulta caso ele esteja representado no banco de dados.

Para realizar uma busca eficiente do descritor de maior similaridade, necessariamente o espaço de busca precisa ser reduzido. Métodos de acesso para buscas por similaridade eficientes em espaços multidimensionais têm sido amplamente pesquisados, mas é conhecida a sensibilidade desses métodos à alta dimensionalidade do espaço dos vetores como é o caso dos descritores biométricos. Uma outra alternativa para esta busca pode ser o uso de algoritmos de agrupamento [Jain et. al. 1999]. Estes algoritmos organizam os dados em vários grupos ou classes, a partir de uma métrica de distância entre esses dados. Cada grupo deve possuir dados próximos segundo a métrica de distância e geralmente é caracterizado por um descritor, frequentemente calculado como o centróide dos dados do grupo. Para criar os grupos, os algoritmos de agrupamento podem precisar processar todos os dados repetidas vezes, isto é, processar os dados em vários passos.

Para utilizar um algoritmo de agrupamento para a busca eficiente em um sistema de identificação biométrico, gera-se inicialmente um conjunto de grupos com todos os descritores do banco de dados. Para este agrupamento é utilizada como métrica de distância alguma propriedade relacionada com os dados, por exemplo, a função similaridade biométrica. Para realizar a busca de um descritor de consulta o espaço de busca é reduzido a um subconjunto dos grupos com descritores mais similares a esse descritor de consulta. Sobre esse subconjunto de grupos realiza-se então uma busca exaustiva.

Algumas propostas na literatura exploram o uso de algoritmos de agrupamento para busca eficiente em bancos biométricos. Em [Iloanusi& Osuagwu 2011] e [Liu, Jiang & Kot 2007] o algoritmo de agrupamento K-means é utilizado para busca eficiente para descritores de impressões digitais. Uma aplicação para reconhecimento facial é apresentada em [Perronnin & Dugelay 2005] utilizando um agrupamento baseado em probabilidades para realizar busca eficiente. [Mehrotra et.al. 2009] por sua vez utiliza um algoritmo de agrupamento k-means fuzzy para aplicação em

reconhecimento biométrico da assinatura. Todas as propostas utilizam variações do algoritmo de agrupamento K-means [Jain et. al. 1999] que possui um alto custo de criação e não se adaptam facilmente à inclusão dinâmica de novos elementos.

Algoritmos de agrupamento sequenciais definem uma classe dos algoritmos de agrupamento que se caracterizam por realizar o agrupamento de forma rápida eficiente com uma ou poucas passadas pelo conjunto de dados [Theodoridis e Koutroumbas 2009]. Adicionalmente podem ser facilmente adaptados para a inclusão dinâmica de novos elementos. Estas propriedades refletem o comportamento desejado para um banco de dados: rápida construção da estrutura para busca eficiente e fácil inclusão de novos elementos no banco de dados.

Este artigo apresenta os resultados da pesquisa do uso do algoritmo sequencial BSAS (*Basic Sequential Algorithmic Scheme*) para a busca eficiente em bancos de dados de descritores faciais. Os experimentos realizados mostram o impacto na busca da redução do número de grupos explorados assim como com a variação dos parâmetros do método BSAS. O restante do artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 descreve o algoritmo de agrupamento sequencial BSAS, a seção 3 apresenta o algoritmo de busca eficiente utilizado nesta pesquisa e por fim a seção 4 descreve os experimentos realizados e os resultados obtidos.

## 2. Algoritmo BSAS - *Basic Sequential Algorithmic Scheme*

Algoritmos de agrupamento são representantes dos algoritmos de aprendizagem não supervisionado. Estes algoritmos classificam um conjunto de dados em classes a partir da identificação de similaridades compartilhadas pelos elementos de cada uma das classes. Para identificar estas classes estes algoritmos, em geral, realizam vários passos de processamento de todos os dados.

O algoritmo BSAS [Theodoridis & Koutroumbas 2009] pertence à classe dos algoritmos de agrupamento sequenciais e caracteriza-se por ser muito simples e eficiente na criação dos grupos. Ele recebe como entrada um conjunto de dados e realiza o agrupamento com um único passo de processamento. O comportamento deste algoritmo tem sido estudado com profundidade em [Real 2014] e [Real, Nicoletti & Oliveira 2013] mostrando taxas de precisão de classificação similares às alcançadas pelo algoritmo K-means, mesmo com um único passo de processamento.

O algoritmo recebe um conjunto de dados de entrada  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  e constrói o conjunto de grupos  $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$  tal que cada elemento  $x_i$  está em algum dos grupos. Para cada grupo  $C_i$  é definido um descritor  $T_i$  calculado como o centróide de todo o conjunto de elementos em  $C_i$ .

O algoritmo BSAS possui dois parâmetros que podem ser prefixados: um limiar de similaridade ( $\Theta$ ) que define a maior distância permitida entre os elementos de um mesmo grupo e  $q$  que define o número máximo de grupos que podem ser criados. Como apresentado no Algoritmo 1, este algoritmo cria um primeiro grupo associado ao primeiro elemento  $x_1$  do conjunto de dados e na sequência vai adicionando os outros elementos utilizando os parâmetros  $\Theta$  e  $q$ . Para adicionar um novo elemento  $x_i$  é determinado o grupo  $C_k$  mais próximo, isto é, com menor distância  $d(x_i, T_k)$ . Se esta distância é menor que o limiar  $\Theta$ , o elemento é adicionado nesse grupo  $C_k$ . Caso contrário um novo grupo é criado e o elemento adicionado a esse grupo. Caso ocorra a

situação em que o valor de distância seja maior que  $\Theta$  e, ainda, a quantidade de grupos ter atingido o valor  $q$  então este elemento será associado ao último grupo criado.

```

Algoritmo BSAS
Entrada: Conjunto de dados  $\mathbf{x} = \{ \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n \}$ ,
           Parâmetros  $\Theta, q$ 
Saída: C conjunto de grupos  $C = \{ C_1, C_2, \dots, C_k \}$ 

  m = 1
  C1 = {x1}
  Tk = {x1}
  Para i = 2..n
    Encontrar Ck tal que  $d(\mathbf{x}_i, T_k) = \min_{1 \leq j \leq m} d(\mathbf{x}_i, T_j)$ .
    Se  $(d(\mathbf{x}_i, T_k) > \Theta)$  e  $(m < q)$  então
      m = m + 1
      Cm = {xi}
      Tk = xi
    Senão
      Ck = Ck ∪ {xi}
      Recalcular Tk

```

### Algoritmo 1. Algoritmo BSAS

Note-se que o algoritmo permite facilmente a incorporação posterior de novos descritores sem necessidade de processamento de todos os dados anteriores. Esta propriedade é importante porque um banco de dados biométrico terá necessariamente uma evolução dinâmica.

### 3. Algoritmo de busca eficiente

O algoritmo de agrupamento BSAS apresentado na sessão 2 é utilizado para organizar em grupos um banco de dados de descritores biométricos faciais, Como função de distância para o algoritmo BSAS é utilizada uma função de similaridade biométrica de forma tal que os descritores de imagens faciais similares devem ficar organizados nos mesmos grupos ou em grupos próximos. A idéia básica apresentada neste trabalho é explorar esta organização no banco de dados para realizar a busca de um descritor de consulta. Um algoritmo foi desenvolvido para reduzir a busca do descritor de consulta a um subconjunto dos grupos do banco de dados.

O algoritmo de busca eficiente utilizado neste trabalho recebe um descritor de consulta  $X_c$ , o conjunto de grupos  $C$  que corresponde ao banco de dados, e um parâmetro  $p$  chamado de taxa de penetração. A taxa de penetração define qual o percentual de grupos que deverão ser explorados na busca do descritor de consulta  $X_c$ . Quando a taxa de penetração é 100 o algoritmo se comporta como a busca exaustiva no banco de dados.

Como descrito no Algoritmo 2, o algoritmo procura primeiramente os  $p$  grupos mais similares a  $X_c$ . Esta similaridade é calculada utilizando a distância de  $X_{ca}$  de cada um dos centróides, que são os pontos de referência de cada grupo, isto é, são selecionados os  $p$  grupos com menor distância de  $X_{ca}$  de seus centróides. Uma vez determinados estes  $p$  grupos, os descritores em cada um deles são explorados de forma exaustiva para encontrar o descritor mais similar a  $X_c$ .

**Algoritmo de busca eficiente**

**Entrada:** Descritor de consulta  $x_s$

**Conjunto de grupos**  $C = \{ C_1, C_2, \dots, C_k \}$  Banco de dados

**Taxa de penetração**  $p$

**Saída:**  $x_m$ : Descritor mais similar a  $x_c$  em  $C$

Encontrar o subconjunto  $S$  de grupos mais similares a  $x_s$ .

$S = \{ C_{s1}, C_{s2}, \dots, C_{sp} \}$  tal que para qualquer grupo  $C_k \notin S$ ,

$d(x_s, T_k) > d(x_s, T_{sk})$  para todo  $k = 1..p$

Encontrar o descritor  $x_m$  em  $S$  mais similar a  $x_s$

$d(x_s, x_m) = \min_{x_j \in C_{sk}} (d(x_s, x_j))$  para todo  $C_{sk} \in S$

**Algoritmo 2. Algoritmo de busca eficiente em grupos.****4. Experimentos e resultados**

Para avaliar o algoritmo de busca proposto foram realizados um conjunto de experimentos utilizando 1.093 descritores da face obtidos pelo método EigenFaces (Turk& Pentland1991) em imagens do banco de dados FERET (Phillips, P. et. al. 2000). A função de similaridade utilizada sobre estes descritores foi a distância euclidiana.

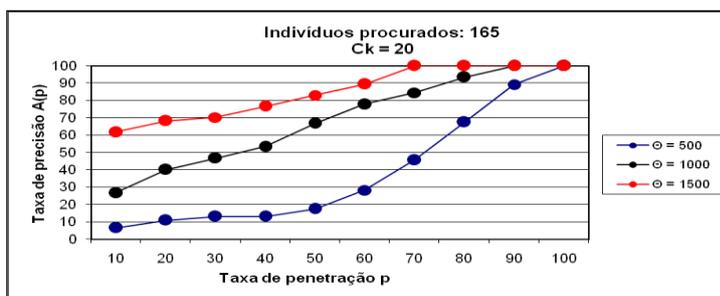
Para a criação dos grupos no algoritmo BSAS, os descritores foram incluídos de forma aleatória. O impacto na busca de diferentes ordenações dos descritores durante a criação dos grupos não foi abordado neste trabalho.

Na busca por similaridade é aceitável o fato de que certa percentagem de buscas exaustivas não encontram, como descritor mais similar no banco de dados, um descritor do próprio indivíduo. Por esta razão, para os testes, foram utilizados 165 descritores de consulta pertencentes a indivíduos diferentes para os quais a busca exaustiva consegue encontrar descritores mais similares pertencentes aos mesmos indivíduos.

Para os experimentos foi medida a taxa de precisão  $A(p)$  quando modificada a taxa de penetração  $p$  do algoritmo de busca eficiente. A taxa de precisão  $A(p)$  mede qual o percentual dos descritores de consulta para os quais o algoritmo continua encontrando como mais similares descritores dos mesmos indivíduos.

Os resultados dos experimentos apresentados foram obtidos com a variação dos parâmetros  $\Theta$  e  $q$  do algoritmo de agrupamento sequencial BSAS. A primeira busca para cada limiar foi pelo método de busca exaustiva com  $p = 100$ . Na sequência  $p$  foi sendo diminuído de 10 em 10 até que a última busca fosse realizada em apenas 10% do banco de dados.

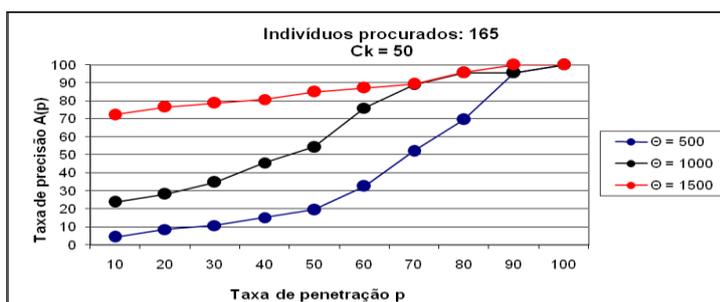
Na Figura 1, resultado da busca com o primeiro processamento.



**Figura 1. Resultado obtido na busca pelo agrupamento realizado com máximo de 20 grupos.**

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos pelo agrupamento realizado com máximo de 20 grupos ( $q$ ) e valores de limiar de distância de  $\Theta = 500$ , 1000 e 1500. Neste experimento o melhor resultado foi obtido com  $\Theta = 1500$ , onde a precisão se mantém em 100% até uma taxa de penetração ( $p$ ) de 70%.

Nos resultados apresentados na Figura 2, o agrupamento foi realizado com máximo de 50 grupos ( $q$ ) e variação do limiar  $\Theta = 500$ , 1000 e 1500. Neste caso o melhor resultado obtido manteve-se com o limiar  $\Theta = 1500$ , e neste caso embora a precisão começa a cair com menor valor da taxa de penetração a queda é menos significativa para taxa de penetração menores.



**Figura 2. Resultado obtido na busca pelo agrupamento realizado com máximo de 50 grupos.**

Finalmente, a Figura 3 mostra os resultados obtidos pelo agrupamento realizado com máximo de 75 grupos ( $q$ ) e variação do limiar  $\Theta = 500$ , 1000 e 1500. Neste caso com limiar  $\Theta = 500$  se garante resultados de precisão acima de 90% até uma taxa de penetração de 60% mas esta cai de forma acentuada quando a partir desse valor. No caso de limiar  $\Theta = 1500$  vemos que não garante a melhor precisão, mas garante a maior estabilidade desta precisão quando diminuída a taxa de precisão.

Os resultados sugerem que o parâmetro que mais influencia a precisão é o aumento do parâmetro  $\Theta$  o que significa grupos menos coesos. Por outro lado, o aumento de  $q$  só gerou um resultado melhor unicamente com os valores maiores de  $\Theta$  (1000, 1500). Precisam ser realizados novos testes aumentando o valor de  $q$  para verificar a partir de que valor a precisão começa a ser afetada. Note-se, no entanto, que um aumento de  $q$  significa também um maior custo computacional na fase de seleção dos grupos mais próximos.

Os resultados dos experimentos mostram um potencial de uso do algoritmo de busca eficiente quando uma aplicação deseja privilegiar a busca rápida aceitando certa perda de precisão. Em particular os resultados obtidos na Figura 3 com parâmetros  $q = 75$  e  $\Theta = 1000$  e  $\Theta = 1500$  mostram comportamentos do algoritmo que se enquadram nessas situações.

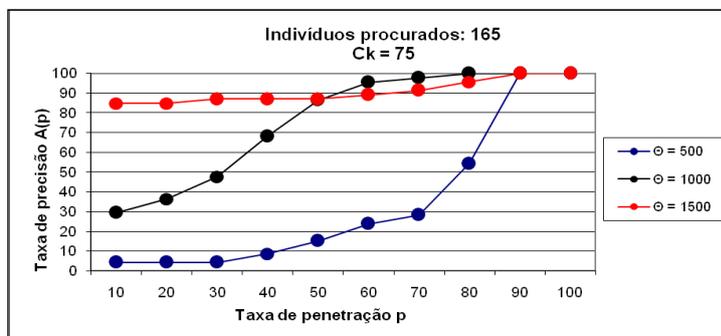


Figura 3. Resultado obtido na busca pelo agrupamento realizado com máximo de 75 grupos.

## 5. Conclusões

Esse artigo apresentou um algoritmo de busca eficiente em um banco de dados biométrico organizado em grupos gerados pelo algoritmo de agrupamento sequencial BSAS. A proposta considera a redução do espaço de busca, selecionando aqueles grupos mais similares ao descritor buscado. Forma apresentando os resultados da pesquisa do desempenho do algoritmo para diferentes tamanhos do espaço de busca assim como para valores diferentes dos parâmetros do algoritmo BSAS utilizado. Os resultados dos experimentos mostram um potencial de uso do algoritmo de busca eficiente quando uma aplicação deseja privilegiar a busca rápida aceitando certa perda de precisão. Trabalhos futuros devem ser realizados refinando os parâmetros do algoritmo BSAS e devem ser também pesquisados outros algoritmos sequencias de agrupamento e outros conjuntos de dados biométricos gerados por métodos biométricos diferentes.

## 6. Referências

- Iloanusi, O., Osuagwu, C. (2011). Clustering: Applied to Data Structurinh and Retrieval, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol 2, 11, 2011
- Jain, A.K., Murty, M.N. & Flynn, P.J. (1999). "Data Clustering: A Review", ACM Computing Surveys, vol. 31.
- Mehrotra, H., Kisku, D Radhika V., Majhi, B.; Gupta, P. (2009). Feature Level Clustering of Large Biometric Database IAPR Conference on Machine Vision Applications, May 20-22, 2009, Yokohama, Japan

- Perronnin, F. & Dugelay, J.L. (2005). Clustering Face Images with application to Image Retrieval in Large Databases em Biometric Technology for Human Identification II, edited by Anil K. Jain, Nalini K. Ratha, Proc. of SPIE Vol. 5779
- Phillips, P. et. al. (2000). The FERET evaluation methodology for face recognition algorithms, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(10), pp 1090-1104
- Real, E. M., Nicoletti, M. C., Oliveira, O. L. (2013). The impact of refinement strategies on sequential clustering algorithms. Proceedings of the 2013 International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA 2013). Piscataway, NJ, USA: IEEE Systems Man and Cybernetics Society, 2013. v. 1. pp. 47-52
- Real, E. M. (2014). Investigação de algoritmos sequenciais de agrupamento com pré-processamento de dados em aprendizado de máquina. Dissertação de Mestrado
- Theodoridis, S., Koutroumbas, K. (2009). Pattern Recognition, 4th ed., USA: Elsevier.
- Turk, M. & Pentland. A. (1991). Face recognition using eigenfaces, Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 586–591.

## Interfaces Visuais e Perceptivas para apoio a Surdos

Anderson F. Oliveira<sup>1</sup>, Bruno do Amaral<sup>1</sup>, Vagner Scamati<sup>1</sup>, Marcelo P. Guimarães<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Mestrado em Ciência da Computação

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Paulo/Universidade Aberta do Brasil

Faccamp – Faculdade Campo Limpo Paulista

Rua Guatemala, 167 - Jardim América - Campo Limpo Paulista SP - CEP: 13231-230

anderson@asmec.br, brunodoamaralifsp@gmail.com,  
vagnerscamati@hotmail.com, marcelodepaiva@gmail.com

**Abstract.** *This article describes a visual and perceptual tool to support deaf. The tool uses a wearable bracelet that will be triggered in the noise detection moment captured in remote environments through sensors, generating alerts through lights and vibration and interacting with the deaf.*

**Resumo.** *Este artigo descreve uma ferramenta visual e perceptiva de apoio aos surdos. A ferramenta utiliza uma pulseira vestível que será acionada no instante de detecção de ruídos captados em ambientes distantes através de sensores, gerando alertas através de luzes e vibrações e interagindo com o surdo.*

### 1. Introdução

Os primeiros estudos realizados na área da surdez são datados da década de 60 (Danesi, 2007). Os pesquisadores estudaram as características fisiológicas das pessoas surdas e depois os hábitos, a cultura e a língua dessa comunidade.

No Brasil, conforme os dados do censo demográfico do IBGE de 2010, havia aproximadamente 9,7 milhões de pessoas com algum tipo de perda auditiva, ou seja, 5,1% do total da população brasileira, dos quais 2 milhões de pessoas não ouvem absolutamente nada.

A terminologia sobre o indivíduo possuidor de deficiência auditiva adquire diversas formas no meio acadêmico, na legislação e na sociedade – surdo, surdez, pessoas com deficiência auditiva ou com perdas auditivas.

Médicos e outras especialidades utilizam o termo deficiente auditivo, oriundo da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde – CIF, proposta pela Organização Mundial de Saúde – OMS (2003).

Nas leis brasileiras, é usado o termo “pessoa portadora de deficiência”. Em documento oficial da Casa Civil a respeito da Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (Brasil, 1999), a classificação da deficiência auditiva é descrita por graus e níveis de surdez.

No entanto, esta classificação foi alterada pelo art. 70 da Lei de Acessibilidade (Brasil, 2004a), passando a vigorar a classificação apresentada no Art. 5º da mesma lei em sua alínea b), que assim conceitua a deficiência auditiva como “perda bilateral, parcial

ou total, de quarenta e um decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000 Hz, 2.000Hz e 3.000Hz”.

Apesar de definição proposta pela legislação, segundo Skilar (1997 e 2005) o termo aceito socialmente para caracterizar a pessoa que não ouve (portanto, um dos segmentos identificados pela categorização da lei) é surdo. Este também é o termo adotado pela comunidade que não ouve para caracterizar a si mesma. O autor relata que, para a comunidade surda, o deficiente auditivo, é alguém diferente do surdo: não participa de comunidades, procura se parecer com os ouvintes e se expressar pela comunicação oral, uma vez que, os surdos possuem língua própria, a Língua Brasileira de Sinais - LIBRAS. Assim, neste trabalho, utiliza-se o termo surdo no contexto definido por Skilar referindo-se as pessoas que não ouvem.

O objetivo da criação deste protótipo é estimular a comunidade surda a realizar as tarefas normalmente, auxiliando-os nas atividades em que encontram dificuldades diariamente. Os surdos poderão utilizar esta ferramenta para integrar-se ao meio social a que pertencem.

A interface que será desenvolvida, permitirá que ruídos sonoros sejam captados em determinados ambientes através de sensores, que se comportarão analogamente ao ouvido humano, tendo como intuito transmitir esse ruído capturado para outro equipamento que estará geograficamente distante do sensor. Tal equipamento receberá o tratamento de interface sonora e perceptiva.

A materialização desta proposta se dará pela construção deste “ouvido eletrônico” que é constituído por um transmissor de rádio frequência que se comunicará com o receptor de uma pulseira vibratória e perceptível. A comunicação ocorrerá quando o microfone, sensível a ruídos, for acionado; por exemplo, o choro de um bebê fará com que a pulseira vibre por um pequeno motor e mostre uma luz através de um LED (diodo emissor de luz). O foco do protótipo será sua interação de maneira adequada com os surdos, visando sua aceitação e compressão.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: descrição do referencial teórico e metodológico (2), trabalhos relacionados (3), proposta e o *design* da solução da interface (4) e, finalmente, considerações finais e trabalhos futuros (5).

## **2. Referencial Teórico e Metodológico**

Esta seção apresenta o referencial teórico adotado no artigo. A Seção 2.1 apresenta conceitos e fundamentos relacionados a semiótica e interface homem-máquina relacionados a surdos. A Seção 2.2 explica a funcionalidade de tecnologias assistivas.

### **2.1. A Importância da Semiótica no Entendimento dos Signos para uma Linguagem Visual em Interfaces para Surdos**

A disciplina de IHC busca compreender as relações do ser humano com dispositivos computacionais, incluindo os aspectos perceptuais e cognitivos, bem como aspectos linguísticos como, por exemplo, o estudo da semântica na relação humano-computador. Bonacin et al (2009), cita que um importante aspecto a ser observado em IHC é uma interface ideal capaz de compreender a intenção da comunicação (pragmática), ou seja, como as pessoas conseguem compreender suas solicitações.

Nesse sentido, uma boa interface personalizada do ponto de vista do usuário deveria prover meios para o usuário alcançar o que ele deseja de acordo com suas preferências, possibilidades, intenções, obrigações, entre outros aspectos que necessitam

de um amplo entendimento da interação e comunicação (Rocha e Baranauskas, 2003; Nielsen, 1993).

A Semiótica, “doutrina dos signos”, pode auxiliar no entendimento mais amplo de aspectos que envolvem interação e comunicação, seja ela humano-humano, humano-computador ou humano-computador-humano. Vários estudos foram realizados para identificar como a Semiótica pode contribuir para estudos em IHC, ou melhor, como uma tentativa de entender as relações ou comportamento das pessoas com as interfaces.

A Semiótica se faz presente na elaboração desta interface visual e perceptiva mediante captação de ruídos que serão interpretados como signos, e que produzem um alerta vibratório com significado para o surdo.

De acordo com Nadin (1988, p.273) “se existe uma ciência da interface (interface computacional ou outro tipo), então esta ciência é a Semiótica, e a Semiótica panlógica estabelecida por Pierce parece apropriada à interface”. Na teoria Peirceana,

um signo, ou representâmen, é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo para alguém. Dirige-se a alguém, isto é, cria, na mente dessa pessoa, um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido. Ao signo assim criado denomino interpretante do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu objeto. Representa esse objeto não em todos os seus aspectos, mas com referência a um tipo de ideia que eu, por vezes, denominei fundamento do representâmen” (Peirce, 1931-1958, cf 2.228).

Liu (2001, pag.15) destaca que “todos os tipos de signos são objetos de estudo para a Semiótica: linguagem verbal, imagens, literatura, imagens em movimento, teatro, linguagem do corpo, entre outros”. Portanto, a Semiótica pode ainda nos ajudar a estudar como pessoas com deficiência (e.g., auditiva e visual) compreendem o mundo, uma vez que ela (a Semiótica) não está limitada apenas ao estudo de signos em sua forma icônica/visual.

## **2.2. A Importância da Tecnologia Assistiva para Surdos**

Em (Berssch 2013), define-se Tecnologia Assistiva (TA) como um termo ainda novo, com a finalidade de identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e de forma, conseqüentemente, a promover vida independente e inclusão. (BERSCH & TONOLLI, 2006).

Em sentido amplo percebe-se que a evolução tecnológica caminha na direção de tornar a vida do deficiente mais fácil. Sem nos apercebermos, utilizamos constantemente ferramentas que foram especialmente desenvolvidas para favorecer e simplificar as atividades do cotidiano, como os talheres, canetas, computadores, controle remoto, automóveis, telefones celulares, relógio, etc. Em senso comum, são instrumentos que facilitam nosso desempenho em funções pretendidas. A TA, para Radabaugh, significa que “para as pessoas sem deficiência a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis” (1993).

Cook e Hussey definem a TA como “uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas funcionais encontrados pelos indivíduos com deficiências” (1995). A TA deve ser entendida como um auxílio que promoverá a ampliação de uma habilidade funcional deficitária ou

possibilitará a realização da função desejada e que se encontra impedida por circunstâncias de deficiência ou pelo envelhecimento. Assim, o objetivo maior da TA é proporcionar a pessoa com deficiência maior independência, qualidade de vida e inclusão social, através da ampliação de sua comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, habilidades de seu aprendizado e trabalho.

Bersch destaca auxílios que incluem vários equipamentos tais como infravermelho, FM, aparelhos para surdez, telefones com teclado-teletipo (TTY), sistemas com alerta tátil-visual, celular com mensagens escritas e chamadas por vibração, *software* que favorece a comunicação ao telefone celular e transforma em voz o texto digitado no celular e, em texto, a mensagem falada. Além disto, livros, textos e dicionários digitais em LIBRAS e Sistema de legendas (close-caption/subtitles) (2013).

Portanto, o protótipo que será criado possui um embasamento conceitual em termos de TA, pois possibilitará, mediante sistema tátil visual, um auxílio na interação com os surdos.

### **3. Trabalhos Relacionados**

Citam-se vários artigos correlatos ao tema desta pesquisa e em diversas áreas afins.

Ferreira (2014), trata da inclusão de pessoas surdas na *Web* em direção a um *design* universal de sistemas que incluam plenamente deficientes auditivos, e contribui para o conhecimento sobre as dificuldades e necessidades de um surdo para sua utilização.

Vieritz et all (2013) analisam o desenvolvimento de interfaces recentes para a *Web*. Verificam e avaliam a possibilidade da questão de acessibilidade, ainda quando as interfaces estão sendo construídas, e se padrões da WCAG estão sendo garantidos. Entretanto, destacam a necessidade de elaborar mais critérios para o desenvolvimento das interfaces, garantindo assim a acessibilidade e usabilidade a pessoas com necessidades específicas.

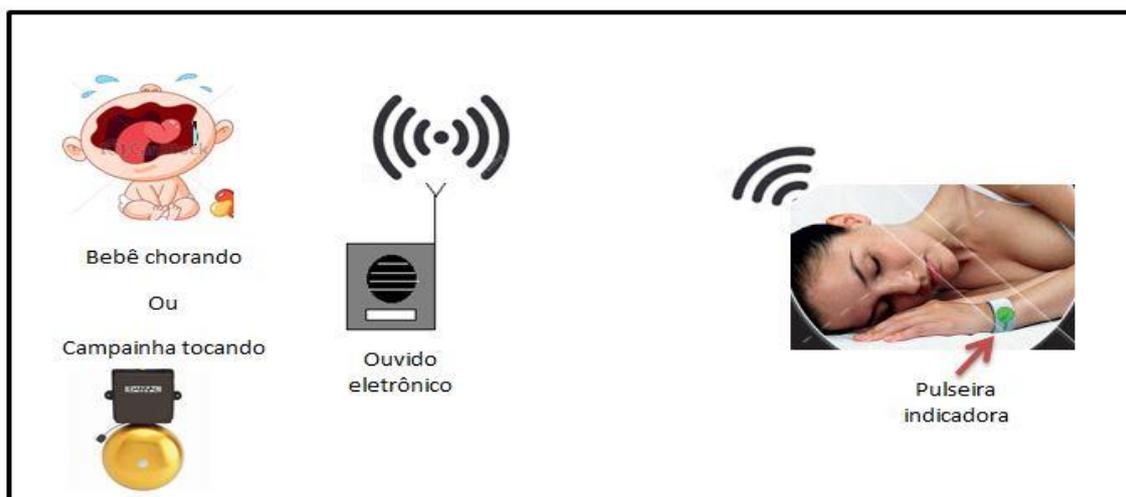
Tavares e all (2009), propõem a utilização da computação ubíqua, a fim de realizar traduções automáticas em LIBRAS-Português, com interface programada para dispositivo embarcado tendo como saída a datilografia de textos; contudo, são necessários aprimoramentos voltados à tradução de sinais complexos, não limitados à datilografia, mas também módulos para determinadas áreas de atuação do surdo.

### **4. Solução Proposta**

O protótipo será usado pelo surdo mediante pulseira vestível, que será objeto de interação e alerta, e pela qual se dará o controle geral da interface proposta, uma vez que, receberá alertas sonoros e perceptivos.

Os sons são captados e enviados por um microfone, que poderá ser instalado em qualquer localidade de uma residência ou, de preferência, próximo aos geradores de ruídos.

Ao receber o sinal através de comunicação sem fio, a pulseira vibrará intensamente em intervalos sequenciais e acenderá *leds*, formando uma mensagem de aviso ao deficiente, conforme demonstrado na Figura 1. Esse conjunto de alertas somente deixará de funcionar após a interação pelo deficiente finalizando, assim, um ciclo de instruções visíveis da interface do protótipo.



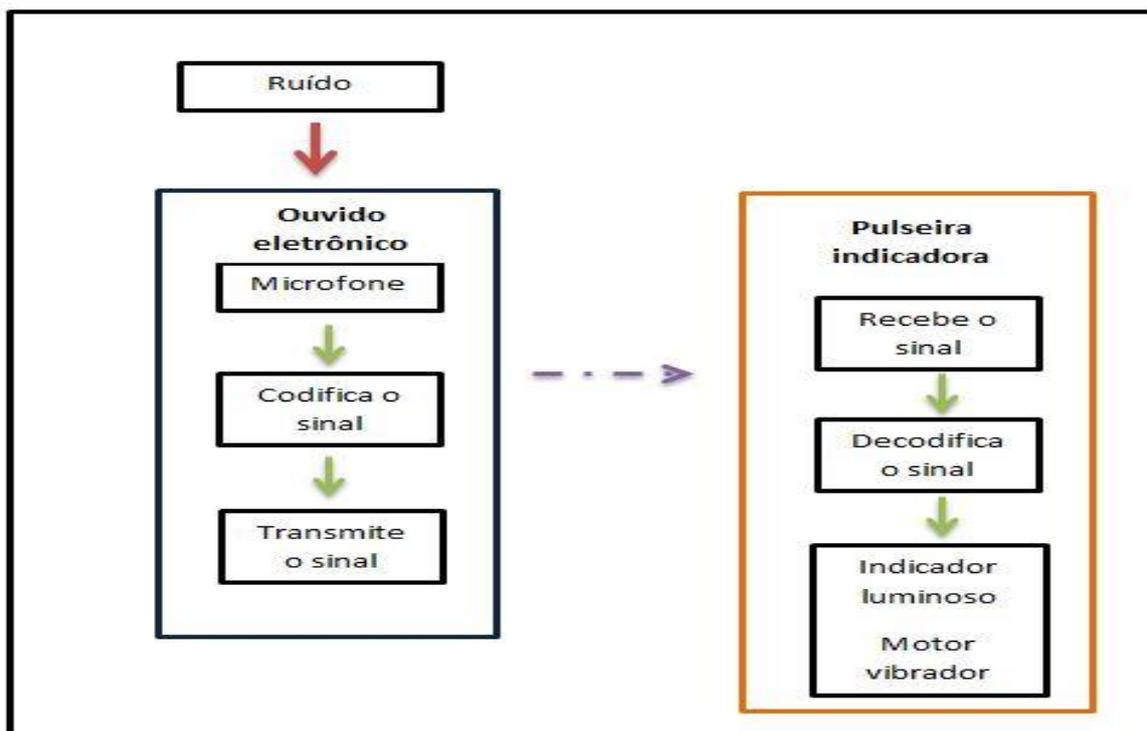
**Figura 1. Modelo do protótipo de interface sonora e perceptiva para surdos**

#### 4.1. Design - Solução Proposta

O protótipo proposto é uma interface eletrônica que representa o ouvido humano, utilizando um módulo transmissor de RF (Rádio Frequência), um microfone e um codificador de sinal. Ao ser acionado pelo ruído, esse sinal é codificado e transmitido por RF para uma pulseira receptora de RF, por onde o sinal é decodificado para acionar um *LED* como indicativo visual e um motor de vibração.

Ao receber o sinal através de comunicação sem fio, a pulseira, vibrará intensamente em intervalos sequenciais e acenderá *LEDs* (indicador visual e outro de recepção de sinal), formando uma mensagem de aviso ao deficiente. Esse conjunto de alertas somente deixará de funcionar após ser interagido pelo surdo.

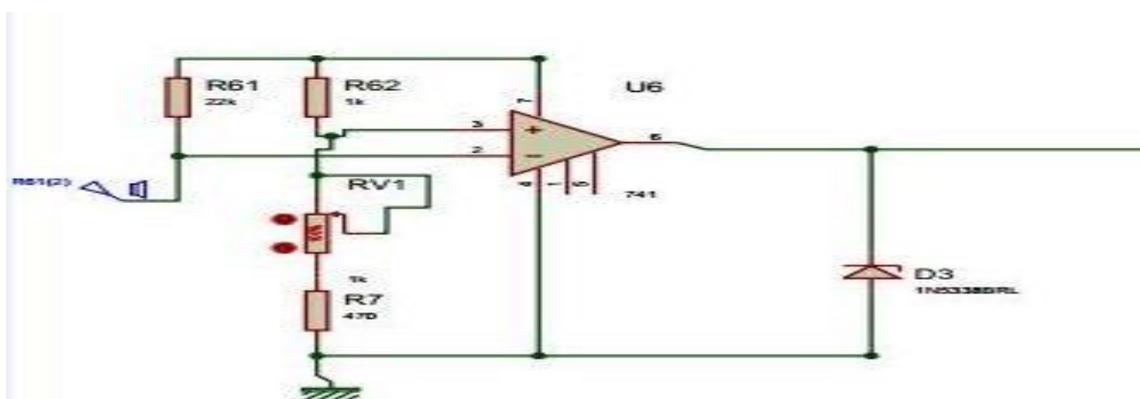
O funcionamento do protótipo se dá pela captação do ruído através de um pequeno microfone que, ao ser acionado, amplifica e codifica o sinal para ser transmitido por rádio frequência via transmissor RF. O sinal recebido pelo receptor, decodifica e aciona um *LED* como indicador de ruído, um *LED* como indicador de funcionamento e um pequeno motor vibrador acoplado a pulseira. A arquitetura de funcionamento é assim demonstrada na Figura 2.



**Figura 2. Arquitetura de funcionamento da Interface**

O transmissor de rádio frequência poderá alcançar aproximadamente uma distância de 200 metros, com pequeno módulo eletrônico trabalhando com uma tensão de 5 volts. Para o codificador e o decodificador foram utilizados dois Circuitos Integrados. O motor vibrador, de pequeno porte, é utilizado em celulares com a função de vibrar ao ser acionado.

Para a implementação da proposta, foram realizadas simulações no *software* eletrônico Proteus ISIS, que se traduz em Simulador de Circuitos Eletrônicos com a possibilidade de se elaborar esquemas elétricos ou eletrônicos de circuitos, simulando-os, conforme a Figura 3.



**Figura 3. Circuito de simulação do protótipo**

## 5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Neste trabalho, embora não existam demonstrações de resultados parciais em virtude do início da construção do protótipo, considera-se que esta ferramenta, além de contribuir para minorar os problemas enfrentados pelos surdos, poderá constituir-se em dispositivo inovador de integração ao ambiente cotidiano, ao possibilitar percepções e visualizações de ruídos sonoros.

A proposta futura do trabalho é reunir diversos elementos de ruídos diferentes do ambiente de captação do microfone, tais como, o ruído da campainha, o da babá eletrônica e o do alarme, todos identificados em uma única interface visual e perceptiva; para ocorrer a integração e identificação desses ruídos, necessário se torna reconhecer um padrão sonoro, utilizando *softwares* de reconhecimento de voz e os diferentes tipos de ruídos detectados pelo microfone no ambiente do surdo. Assim, se possibilitará a identificação do tipo de ruído captado pelo seu ambiente.

Outra proposta reside no fato da convergência desta interface (pulseira vestível) com outras tecnologias já existentes e usuais como, por exemplo, *smartphones* ou relógios inteligentes, possibilitando, assim, a comunicação de outros dispositivos móveis com esta interface e ampliando-se a compatibilidade de integração desta pulseira.

Por fim, conectar a interface à *internet*, fazendo com que o surdo receba informações úteis em tempo real pela pulseira vestível; contudo, sem estar, fisicamente presente, em seu ambiente.

## Referência Bibliográfica

- Tavares João E. da R., Valderi Leithardt, Cláudio F. R. Geyer, Jorge S. Silva. “Uma aplicação para o ensino da língua portuguesa para surdos utilizando o sensor Libras\*1”. Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Anais do SBIE 2009.
- Bevilacqua, M.C. “A criança deficiente auditiva e a escola”. Cadernos Brasileiros de Educação, vol 2 São Paulo, 1987.
- Bonacin, R., Baranauskas, M. C. C., Liu, K. e Sun, L. “Norms-based simulation for personalized service provision.” *Semiotica*.175–1/4, 403–428 00371998/09/0175–0403 DOI 10.1515/semi, 2009.
- Cook, A.M. & Hussey, S. M. “Assistive Technologies: Principles and Practices”. St. Louis, Missouri. Mosby - Year Book, Inc,1995.
- Danesi, M. C. (orgs) “O admirável mundo dos surdos: novos olhares do fonoaudiólogo sobre a surdez”. EDIPUCRS, 2. ed. rev. ampl. Porto Alegre, 2007.
- Ferreira, M. A. M. (2014),” Design Inclusivo e Participativo na Web: Incluindo pessoas surdas”, Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação. Faculdade Campo Limpo Paulista, 2014.
- Lane, H., Hoffmeister, R., Bahan, B. “A journey into the Deaf-World”. San Diego, California: Dawn Sign Press, 1996.
- Liu, K. “Semiotics in Information System Engineering”. Cambridge: Cambridge University Press, xii, 218 p., 2000.
- Nadin, M. “Interface design: A semiotic paradigm.” *Semiotica* 69(3/4). 269–302, 1988.
- Nielsen, J. “Usability Engineering”. Academic Press, Cambridge, MA, 1993.
- Peirce, C. S. *Collected Papers*, Cambridge, Mass: Harvard University Press. (1931-1958)
- Pereira, R. de C. “Surdez - Aquisição da Linguagem e Inclusão Social”. In: Livraria e Editora Revinter, 2008.
- Pereira, R. de C. “Surdez - Aquisição da Linguagem e Inclusão Social”. In: Livraria e Editora Revinter, 2008.
- Rocha, H. V. & Baranauskas, M. C. C. ” Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador”. Campinas: NIED/UNICAMP, Disponível em: <http://pan.nied.unicamp.br/publicacoes/livros.php>, 2003.
- Skliar KLIAR, C. (org) “Educação e exclusão: abordagens sócio-antropológicas em educação especial”. Porto Alegre: Mediação, 1997.
- Tavares, João E. da R., Valderi Leithardt, V., Geyer, Cláudio F. R. Geyer, & Silva, Jorge S. Silva “Uma aplicação para o ensino da língua portuguesa para surdos utilizando o sensor Libras\*1”. Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Anais do SBIE 2009, 2009.
- Vieritz, H., Schilberg, D. e Jeschke, S., “Early Accessibility Evaluation in Web Application Development.” *C*. Stephanidis and M. Antona (Eds.): UAHCI/HCI 2013, Part II, LNCS 8010, pp. 726–733, 2013.

# Avaliação do desempenho de gerenciadores de bancos de dados multi modelo em aplicações com persistência poliglota

Fábio Roberto Oliveira, Luis Mariano del Val Cura  
Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)  
Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

foliveira@ymail.com , delval@cc.faccamp.br

**Abstract.** *Polyglot persistence application is a term recently introduced for applications that use several data models to represent and stores their data. Usually, those applications became very complex because they are implemented using simultaneously several database management systems. Multimodel database management systems were introduced to offer in a single system several data models. This paper presents a performance evaluation of multimodel database management systems associated to polyglot persistence applications. In this paper, the performance of several multimodel data tests are compared using simultaneously single model and multimodel database management systems.*

**Resumo.** *Aplicações com persistência poliglota são aquelas que precisam que seus dados sejam representados e armazenados segundo múltiplos modelos de bancos de dados. Em geral, estas aplicações utilizam vários sistemas de gerenciamento de bancos de dados, que implementem esses modelos, o que torna seu desenvolvimento mais complexo. Como uma solução a este problema, foram introduzidos os sistemas de gerenciamento de bancos de dados multi modelos, que implementam em um único sistema vários modelos de dados. Este artigo apresenta uma avaliação do desempenho de sistemas de gerenciamento multi modelo, com dados associados a uma aplicação com persistência poliglota. Para esta avaliação, é comparado o desempenho de um conjunto de testes de dados multi modelos, utilizando vários sistemas de gerenciamento de um único modelo de dados e sistemas de gerenciamento multi modelo.*

## 1. Introdução

A oferta de novos gerenciadores de bancos de dados do tipo NoSQL cresceu muito nos últimos anos, chegando a ultrapassar uma centena de opções. A adoção desses novos Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados (SGBD) ainda é uma decisão complexa para arquitetos de softwares e administradores de bancos de dados, principalmente porque cada um deles atende um modelo específico de dados, com interfaces de acesso e linguagens de consultas não padronizadas, e com desempenho focado a um modelo específico de dados. A escolha errada de um gerenciador de banco de dados NoSQL pode gerar um desempenho inadequado conforme os dados crescem, e a troca de um SGBD deste porte não é uma tarefa trivial, porque não há uma

padronização nesses gerenciadores ainda. É comum que os requisitos de uma aplicação obriguem a adoção de vários gerenciadores de bancos de dados, cada um atendendo um tipo de modelo de dados, como por exemplo, modelos de documentos, chave-valor ou grafos. Quando uma aplicação trabalha simultaneamente com vários modelos de bancos de dados diferentes, dizemos que ela utiliza persistência poliglota [Fowler 2013]. A vantagem da adoção de múltiplos gerenciadores de bancos de dados, para atender os modelos de dados diferentes, basicamente se resume a um bom desempenho, porque cada um dos componentes da aplicação gerencia e armazena seus dados no SGBD mais apropriado para aquele modelo de dados. As desvantagens são inúmeras: replicação de dados entre SGBDs diferentes, dificuldade no gerenciamento de transações, alto custo total de propriedade (TCO) devido a administração de vários SGBDs diferentes, com interfaces e ferramentas diferentes. Para suprir a necessidade de aplicações que dependem de modelos de bancos de dados NoSQL distintos, surgiram gerenciadores de bancos de dados que integram vários modelos de bancos de dados NoSQL num mesmo SGBD. Essa nova geração de SGBDs do tipo NoSQL, são denominados multi modelo.

Este artigo apresenta uma comparação de desempenho entre gerenciadores de bancos de dados baseados em um único modelo de dados, e gerenciadores de bancos de dados multi modelo. Para realizar esta pesquisa, serão utilizados dados de aplicações com requisitos que requerem a persistência poliglota. Estes dados serão armazenados em dois ou mais SGBD mono modelos, e simultaneamente em um SGBD multi modelo. Sobre estes dados, serão realizados múltiplos testes envolvendo operações típicas de gerenciamento e consulta de bancos de dados. O restante do artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 descreve os principais tipos de gerenciadores de bancos de dados NoSQL, apresentando em seguida os novos gerenciadores de bancos de dados NoSQL multi modelo. A seção 3 descreve os trabalhos relacionados e a metodologia adotada para avaliar o desempenho dos SGBDs. Na sequência na seção 4 são apresentados os testes e resultados obtidos e por fim a seção 5 apresenta as conclusões, sugestões e melhorias em trabalhos futuros.

## 2. Gerenciadores de bancos com modelos de dados NoSQL

Os gerenciadores de bancos de dados do tipo NoSQL compartilham características em comum. Algumas dessas características são: flexibilidade no modelo de dados, escalabilidade horizontal, novas linguagens de consultas apropriadas aos modelos de dados e diversas interfaces para acesso aos dados. Apesar de compartilhar essas características, que foram necessidades que originaram essa nova geração de SGBDs denominados NoSQL, a maioria dos SGBDs trabalha com um modelo de dados único, sendo necessário adotar um SGBD específico para cada modelo. Nesta seção descrevemos esses tipos de modelos, além de apresentar os novos gerenciadores de banco de dados multi modelo.

### 2.1. Modelos de dados NoSQL

**Modelo de dados Chave-valor:** Este modelo armazena os dados como uma grande tabela hash. O banco de dados é composto por um conjunto de chaves, que estão associadas a um único valor. Este modelo é de fácil implementação, bem escalável, e

permite que os dados sejam rapidamente acessados pela chave. Isso contribui para aumentar a disponibilidade de acesso aos dados. As operações disponíveis para manipulação de dados são bem simples, como modificar e recuperar. A desvantagem deste modelo é que ele não permite a recuperação de objetos por meio de consultas mais complexas, porque os dados estão estruturados de forma simples. Um dos gerenciadores de bancos de dados de maior sucesso desse modelo é o Dynamo [DeCandia et al. 2007] criado pela Amazon.

**Modelo de dados Orientado a Colunas:** Este modelo é um pouco mais complexo que o modelo chave-valor. O conceito de registros ou tuplas do modelo relacional é alterado para orientação a atributos ou colunas. Neste modelo os dados são indexados por uma tripla (linha, coluna e timestamp), onde as linhas e colunas são identificadas por chaves, e o timestamp permite diferenciar múltiplas versões de um mesmo dado. As operações de leitura e escrita são atômicas, isto é, todos os valores associados a uma linha são considerados na execução destas operações, independentemente das colunas que estão sendo lidas ou escritas. Outro conceito associado ao modelo é o de família de colunas, que é usado com o intuito de agrupar colunas que armazenam o mesmo tipo de dados. Este modelo de dados surgiu com o BigTable [Chang et al. 2006] criado pelo Google, por isso é comum falar sobre o modelo de dados BigTable. Este modelo permite particionamento dos dados, além de oferecer forte consistência.

**Modelo de dados Orientado a Documentos:** Este modelo armazena coleções de documentos. Um documento em geral, é um objeto com um identificador único e um conjunto de campos, que podem ser strings, listas ou documentos aninhados. Estes campos se assemelham a estrutura chave-valor já mencionado anteriormente, mas permite encadeamento como no formato XML. No formato mais comum do modelo orientado a documentos, temos um conjunto de documentos, e em cada documento temos um conjunto de campos (chaves) e o valor deste campo, formato conhecido como JSON. Outra característica importante é que este modelo não depende de um esquema rígido, ou seja, não exige uma estrutura fixa como ocorre nos bancos relacionais. O formato do documento é livre, permitindo assim que ocorra uma atualização na estrutura do documento, com a adição de novos campos, sem causar problemas ao modelo. A flexibilidade é uma das grandes vantagens deste modelo, além da velocidade. O gerenciador mais utilizado deste modelo é o MongoDB [Suter 2012].

**Modelo de dados Orientado a Grafos:** O modelo orientado a grafos possui três componentes básicos. Os nós (vértices do grafo), os relacionamentos (arestas) e as propriedades (atributos) dos nós e relacionamentos. Neste caso, o banco de dados pode ser visto como um multigrafo rotulado e direcionado, onde cada par de nós pode ser conectado por mais de uma aresta. A vantagem de utilização do modelo baseado em grafos, fica bastante clara quando consultas complexas, com filtros em propriedades nas arestas, são exigidas pelo usuário. Comparado ao modelo relacional, que para estas situações pode ser muito custoso, o modelo orientado a grafos tem um ganho de desempenho significativo. Aplicações que precisam fazer operações de percorrimento em múltiplos níveis tiram vantagem desse modelo, podendo inclusive só ter um desempenho ótimo utilizando bancos de dados orientado a grafos. O gerenciador mais popular desse segmento é o Neo4j [Miller 2013]

## 2.2. Os novos gerenciadores de bancos de dados NoSQL multi modelo

Além da definição do conceito de SGBD Multi Modelo, é importante ressaltar mais detalhadamente sua necessidade, recursos e vantagens. A necessidade de múltiplos modelos de dados numa mesma aplicação, é amplamente explorada pelo renomado autor Martin Fowler no seu livro NoSQL Distilled [Fowler 2013], definindo este conceito como persistência poliglota. A primeira geração de gerenciadores de bancos de dados NoSQL eram dirigidas a um modelo único de dados, considerado como seu modelo nativo. Um modelo de dados pode ser adequado para certos tipos de dados, e não para outros. Por exemplo, o cadastro de produtos de uma livraria se adapta perfeitamente ao modelo de dados de documentos, mas as ligações entre muitos produtos semelhantes, geralmente denominado como sistemas de recomendação, se adapta melhor ao modelo de dados de grafos. Para resolver essa necessidade de múltiplos modelos de dados, fornecedores de SGBDs do tipo NoSQL estenderam seus produtos oferecendo novos modelos, permitindo a manipulação de documentos, grafos, chave-valor e até orientação a objeto em alguns produtos. Nos SGBDs multi modelo, o armazenamento padrão é no estilo documentos. O modelo de grafos foi criado sobre o modelo de documentos, com documentos especiais chamados eixos (arestas) fazendo a ligação entre documentos especiais que são os nós (vértices). Os algoritmos de grafos foram adaptados para trabalhar com esses documentos especiais, provendo operações em formatos diferentes de dados. Estes novos SGBDs permitem que os dados fiquem consolidados num único produto, oferecendo uma linguagem de consulta única para todos os modelos de dados. A escalabilidade também é um fator importante, suportando alta carga de acessos simultâneos, sendo possível também em alguns produtos particionar os dados entre vários servidores, recurso denominado *sharding*. A consistência dos dados também é garantida, inclusive oferecendo transações entre os modelos de documentos e grafos simultaneamente. Provavelmente a maior vantagem destes SGBDs, além do alto desempenho dos SGBDs NoSQL, é a produtividade no desenvolvimento, porque apenas uma API ou linguagem de consulta é utilizada.

## 3. Trabalhos relacionados e metodologia adotada

Existem trabalhos na literatura que avaliam o desempenho de SGBDs e modelos NoSQL. Em [Jouili & Vansteenbergh 2013], são avaliados vários gerenciadores de bancos de dados NoSQL orientados a grafos, simulando operações com cargas de trabalho e tamanho de grafos diferentes, utilizando a interface de acesso *TinkerPop*, que é uma iniciativa de padronização no acesso a SGBDs orientados a grafos. Este artigo serviu como base de aprendizado, principalmente na análise das métricas de avaliação de SGBDs orientados a grafos. Em [Kolomicenko 2013], também são avaliados vários gerenciadores de bancos de dados NoSQL orientados a grafos, através da interface *TinkerPop*, utilizando grafos sintéticos. Embora o foco deste artigo também foi apenas verificar o desempenho em SGBDs orientados a grafos, ele apresenta a ferramenta *BlueBench* para avaliar o desempenho.

Em [Henricsson 2011], são avaliados unicamente gerenciadores de bancos de dados orientados a documentos, simulando operações de leituras e escritas com cargas de trabalho diferentes, utilizando bibliotecas de acesso para a linguagem Python. Esta dissertação apresenta métricas de desempenho de um SGBD orientado a documentos.

Em [Narde 2013], também são avaliados gerenciadores de bancos de dados NoSQL orientados a documentos, mas com o foco em comparar para qual estrutura de Cloud os SGBDs apresentam melhor desempenho. Foi utilizada a ferramenta Yahoo Cloud Serving Benchmark para avaliar o desempenho. Em todos os estudos verificados, apenas SGBDs do mesmo modelo foram avaliados. Não foram encontrados na literatura trabalhos de avaliação de desempenho envolvendo SGBDs multi modelo.

### **3.1 Metodologia de testes adotada.**

Esta pesquisa pretende contribuir a determinar se uma aplicação com requisitos de persistência poliglota, obtém melhor desempenho em suas operações utilizando dois gerenciadores de bancos de dados de modelos de dados diferentes, ou utilizando um único gerenciador multi modelo. Para poder avaliar o desempenho, foi necessário encontrar um banco de dados de testes com requisitos de persistência poliglota, isto é, com parte dos seus dados modelados como documentos, e outra parte modelada como grafos. Foi escolhido um dataset de grande porte [Stanford 2015] com dados reais de vendas fornecido pela empresa Amazon. Neste dataset, o cadastro dos livros com os atributos código, título, grupo, classificação e categorias, se adapta ao modelo de documentos. O produto similar, devido aos seus relacionamentos, se adapta melhor ao modelo de grafos.

O uso do modelo de grafos é necessário para efetuar buscas em profundidade, simulando um sistema de recomendação de produtos. É possível recuperar os produtos relacionados a um produto, e através dos produtos recuperados relacionados, recuperar também seus produtos relacionados, criando assim uma busca em profundidade, ideal para o modelo de grafos. Essa busca não é apropriada para o modelo de documentos, porque nesse modelo apenas criam-se vínculos entre documentos, não oferecendo operações de percorrimento em profundidade. Os testes foram executados usando o SGBD mono modelo orientado a documentos MongoDB e o SGBD orientado a grafos Neo4j. Como SGBDs multi modelos, foram escolhidos o OrientDB e ArangoDB, que implementam tanto o modelo de dados de documento, como de grafos. Todas as operações executadas utilizaram a interface de acesso REST providas pelos SGBDs testados que padroniza o acesso aos SGBDs através de serviços WEB. Considerando as metodologias dos trabalhos relacionados, foram estabelecidos o seguinte conjunto de testes representativos para os dois modelos de dados: testes de inserção e recuperação de documentos, teste de recuperação de vértices e criação de arestas, e teste de percorrimento no grafo em profundidade.

## **4. Experimentos e resultados**

Para realizar os testes, foram desenvolvidas aplicações em Java para acessar aos bancos testados através da arquitetura REST. Os testes propostos foram executados num servidor com processador AMD Opteron com 8 núcleos de 2.3ghz, 32Gb de RAM, duas HD's de 2Tb magnéticas configuradas em Raid 1. No caso do MongoDB, como ele não oferece uma interface REST completa, foi utilizada a interface RestHeart.

#### 4.1. Teste de inserção de documentos

Nesse primeiro teste foram inseridos os 542.684 produtos do dataset da Amazon, através da interface Webservice REST, no formato JSON. Como podemos observar na figura 1, o SGBD ArangoDB, apesar de ser um SGBD multi modelo, apresentou um desempenho um pouco melhor do que o MongoDB, que é um SGBD de documentos nativo. O SGBD multi modelo OrientDB teve um desempenho muito inferior. Este teste mostra que para operações de de inserção simples, em um SGBD multi modelo, dependendo da implementação, o desempenho pode ser até superior a um SGBD de documentos nativo.

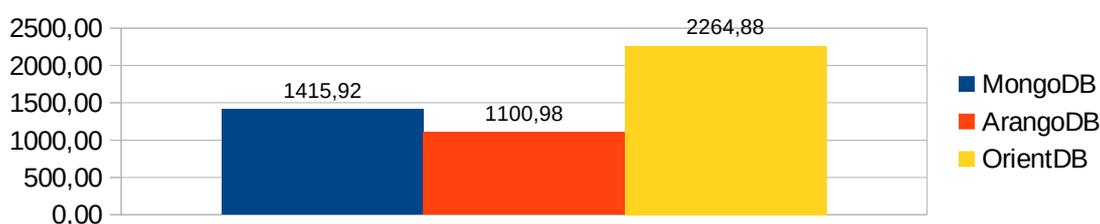


Figura 1. Tempo necessário para inserir 542.684 produtos (em segundos)

#### 4.2. Teste de recuperação de documentos

Nesse segundo teste foram recuperados 1000 produtos na interface REST. O objetivo foi comparar o desempenho de leituras de coleções no formato JSON em um SGBD de formato nativo de documentos e em SGBDs do tipo multi modelo. Neste teste, com seus resultados apresentados na figura 2, ambos os SGBDs do tipo multi modelo superaram o SGBD de documentos nativo.

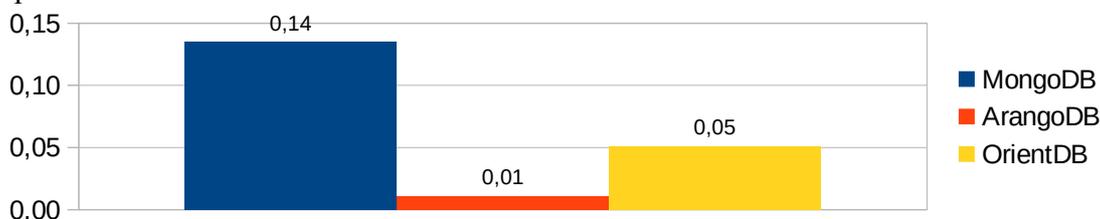


Figura 2. Tempo necessário para recuperar 1000 produtos (em segundos)

#### 4.3. Teste de recuperação de vértices e criação de arestas

Neste terceiro teste, foi comparado o desempenho de uma operação de grafos nos bancos multi modelo, e em um SGBD de grafos nativo, como o Neo4j. Neste teste são recuperados dois vértices (produtos), e são criados arestas entre esses produtos, que representam os produtos relacionados. Podemos verificar na figura 3 que o SGBD de grafos nativo tem uma velocidade melhor nessas operações.



Figura 3. Tempo necessário para recuperar 2 produtos e criar um relacionamento entre eles (em segundos)

#### 4.4. Teste de percorrimento no grafo em profundidade

Neste próximo teste executamos operações de percorrimento em profundidade de um grafo em vários níveis. Foram obtidos os produtos relacionados com um livro, e em seguida os produtos relacionados dos livros relacionados, e assim por diante, em vários níveis. A figura 4 mostra que o SGBD Neo4j teve uma leve vantagem em relação ao OrientDB, que também teve um bom desempenho. O SGBD multi modelo ArangoDB, se mostrou bem mais lento em operações de percorrimento em profundidade.

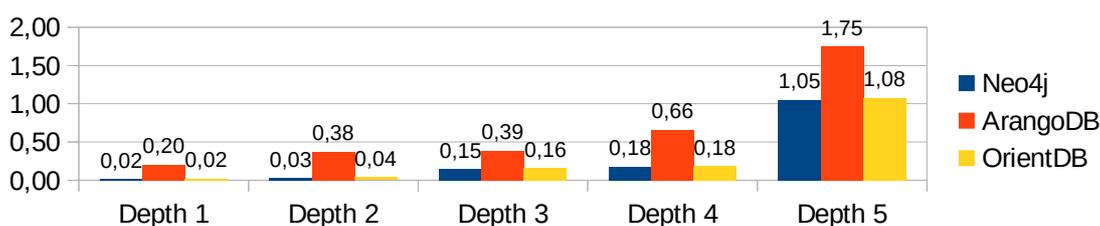


Figura 4. Tempo necessário para encontrar os produtos relacionados (em segundos)

#### 4.5. Teste comparando múltiplos SGBDs mono modelo versus multi modelo

O último teste comparou o desempenho dos SGBDs com operações simples. Foram executadas três operações na sequência: gravar um livro, recuperar um livro e obter seus livros relacionados. Estas são duas operações típicas de documentos e uma operação de grafos. No caso da persistência poliglota, as operações foram executadas com os SGBDs MongoDB e Neo4j, ambos nativos e considerados os mais rápidos em cada modelo. Como vemos na figura 5, os SGBDs nativos MongoDB e Neo4j tiveram um desempenho levemente melhor que o SGBD multi modelo OrientDB.

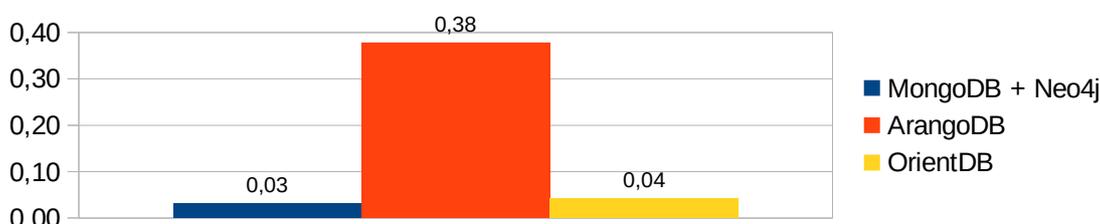


Figura 5. Tempo necessário para gravar um produto, recuperar o produto e seus livros relacionados (em segundos)

## 5. Conclusões

Com os resultados dos testes executados, concluímos que o uso da persistência poliglota em SGBDs mono modelo, ainda tem uma pequena vantagem de desempenho sobre os SGBDs multi modelo. Os SGBDs multi modelo testados apresentaram excelentes resultados em operações diferentes. Claramente o ArangoDB é muito rápido ao manipular documentos, sendo até mais rápido que um SGBD nativo de documentos, como o MongoDB. O OrientDB é muito rápido ao manipular grafos, sendo quase tão rápido quanto o Neo4j, que é um SGBD nativo orientado a grafos. Caso a aplicação necessite o melhor desempenho possível, não levando em conta a replicação de dados, dificuldade ao gerenciar transações e o TCO, a persistência poliglota com vários SGBDs mono modelo é indicada. Caso a aplicação queira concentrar os dados num único produto, o ArangoDB se mostrou mais apropriado para manipular documentos,

com bom desempenho em operações em grafos. O OrientDB se mostrou muito rápido em operações em grafos, com bom desempenho na manipulação de documentos. O modelo dos dados se mostrou muito importante na escolha de um SGBD multi modelo, em detrimento de outro. Como trabalho futuro, são necessários testes com mais datasets, além de testes de carga. Como os testes foram executados com operações simples, não paralelas, estes não simulam uma carga real de operações concorrentes nos gerenciadores de bancos de dados. Seria interessante um estudo onde uma aplicação de teste execute operações multi-threads, ou seja, disparando em cada thread uma operação diferente nos SGBDs, simulando o paralelismo nas diferentes operações.

## Referências

- Fowler, M.; Sadalage, P. (2013) “NoSQL Distilled”, Addison-Wesley Professional, 1<sup>a</sup> edição
- Jouili, S.; Vansteenbergh, V. (2013) “An empirical comparison of graph databases”, Social Computing 2013 International Conference, páginas 708-715 IEEE Computer Society.
- Narde, R. (2013) “A Comparison of NoSQL systems”, Tese de mestrado em Ciências da Computação. Rochester Institute of Technology.
- DeCandia, G.; Hastorun, D.; Jampani, M.; Kakulapati, G.; Lakshman, A.; Pilchin, A.; Sivasubramanian, S.; Vosshall, P.; Vogels, W. (2007) “Dynamo: Amazon’s Highly Available Key-value Store”, ACM SIGOPS Operating Systems Review, 41:6, páginas 205-220
- Chang, F.; Dean J.; Guernawat, S.; Hsieh, W.; Wallach, D.; Burrows, M.; Chandra, T.; Fikes, A.; Gruber, R. (2006) “Bigtable: A distributed Storage System for Structured Data”, ACM Transactions on Computer Systems, volume 26 issue 2 artigo 4
- Suter, R. (2012) “MongoDB An introduction and performance analysis”, Seminário do mestrado em Ciências da Computação, HSR Hochschule für Technik Rapperswil
- Miller, J.. (2013) “Graph Database Applications and Concepts with Neo4j”, AIS Electronic Library, SAIS 2013 Proceedings paper 24.
- Kolomicenko, V. (2013) “Analysis and Experimental Comparison of Graph Databases”, Tese de mestrado em Ciências da Computação. Charles University , Prague
- Henricsson, R. (2011) “Document Oriented NoSQL Databases”, Tese de graduação em Ciências da Computação, Blekinge Institute of Technology
- Stanford, University (2015) “Stanford Large Network Dataset Collection”. Disponível em: <<https://snap.stanford.edu/data/#amazon>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

# Investigação sobre Técnicas de Detecção de Intrusões em Redes de Computadores com base nos Algoritmos Knn e K-Means

Mauricio Mendes Faria<sup>1,2</sup>, Ana Maria Monteiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FACCAMP – Rua Guatemala, 167, 13231-230, Campo Limpo Paulista, Brasil  
<sup>2</sup>Universidade Anhembi Morumbi - Rua Casa do Ator, 04546-001, 275, São Paulo

mauriciofaria@gmail.com, anammont@cc.faccamp.br

**Abstract.** *Today many applications of large organizations generate petabytes of data that are stored to be processed someday to produce information for decision-making. Data from logs of these applications are also generated in exponential order and within that mass of data is possible to detect if the applications are undergoing some instability due to malicious users. This work proposes a performance comparison between the algorithms families KNN (k Nearest Neighbors) based on instances and K-Means clustering based on collations, in intrusion detection using data from the logs of computer networks.*

**Resumo.** *Hoje em dia inúmeras aplicações de grandes organizações geram petabytes de dados que são armazenados na intenção de que algum dia possam ser processados para produzirem informações para a tomada de decisões. Dados provenientes de logs dessas aplicações também são gerados em ordem exponencial e dentro dessa massa de dados é possível detectar se as aplicações estão passando por alguma instabilidade por conta de usuários mal-intencionados. Este trabalho propõe um comparativo de desempenho entre algoritmos das famílias KNN (K Nearest Neighbors) com base em instâncias e K-Means (K-Médias) com base em agrupamentos, na detecção de intrusões utilizando os dados dos logs de redes de computadores.*

## 1. Introdução

Atualmente enormes massas de dados são geradas através de diversos tipos de aplicações tais como as bancárias, médicas, tecnológicas, ambientais e de comércio eletrônico, envolvendo diversos tipos de arquiteturas como desktops, móveis ou a web. Isso acarreta às organizações grandes preocupações no tocante à segurança da informação.

O gerenciamento desses dados torna-se complexo quando se verifica a possibilidade de acessos acontecerem de forma local ou remota. Por isso grandes organizações são desafiadas todos os dias a manterem os dados de forma totalmente segura. Esses dados vão desde uma simples identificação como o CPF ou CNPJ bem como dados de localização geográfica, períodos entre compras, movimentações financeiras, investimentos, números de cartões de créditos, valores de investimentos, formas de pagamentos de faturas, etc.

Aplicações em diferentes arquiteturas computacionais produzem massas de dados em ordem exponencial e requerem processos eficientes de descoberta do conhecimento para que possam ser usadas em benefício da organização que os detém. Grande parte desses dados são provenientes dos logs de acessos das aplicações. Informações como

logins de usuários, hosts, IPs (*Internet Protocol*), portas de acesso, tipos de protocolos de acesso, data e hora de acesso devem ser armazenados em grandes quantidades nesses arquivos de logs. Também podem ser considerados como o “*calcanhar de Aquiles*” das aplicações, pois proporcionam a um indivíduo mal-intencionado oportunidades de obter informações valiosas com os dados que representam as rotinas diárias dos usuários dos sistemas. Através dos logs também é possível detectar se o sistema está passando por alguma instabilidade por conta de tentativas de invasão. Para investigar essas fragilidades, as organizações apontam a necessidade de investir em um *Intrusion Detection System* (IDS) para que ações de prevenção sejam feitas.

Um IDS monitora e analisa o tráfego da rede, utilizando múltiplos sensores para detectar intrusões de redes externas e internas. Um IDS analisa a informação coletada pelos sensores e retorna uma síntese da entrada desses sensores para o administrador do sistema ou para o sistema de prevenção de intrusão. Inúmeros algoritmos podem ser utilizados para a detecção dessas intrusões ou anomalias no uso do sistema, Entre os algoritmos utilizados podem ser mencionados os classificadores Bayesianos, árvores de decisão, baseados em regras, os da família KNN baseados em proximidade bem como os da família K-Means que usam técnicas baseadas em particionamento de grupos e foram estes dois últimos os escolhidos para este estudo.

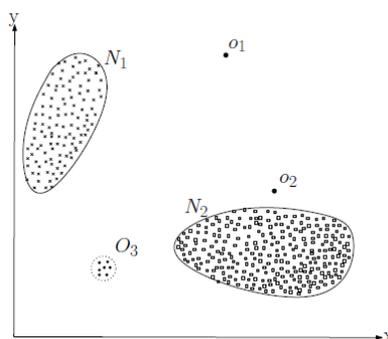
## **2. A Problemática na Análise e Detecção Anomalias**

Segundo Han & Kamber (2006), os bancos de dados são ricos em informações ocultas que podem ser utilizadas para a tomada de decisão. O uso dessas informações necessita de algumas formas de análise que permitam a extração de modelos que descrevem as classes de dados importantes ou que permitem a previsão de dados futuros

Conforme estabelecido por Han & Kamber (2006), a classificação consiste em construir um modelo que possa ser aplicado a dados não classificados visando categorizá-los em classes. A tarefa de predição é similar à tarefa de classificação, porém ela visa descobrir os valores futuros de um determinado atributo. Alguns métodos de classificação e regressão podem ser usados para predição, com as devidas considerações. A análise por regressão é um método estatístico que é usado mais frequentemente para previsão numérica, portanto, os dois termos são frequentemente usados como sinônimos.

### **2.1. Análise de Anomalias**

Chandola (2009), ressalta que as anomalias podem ser consideradas ruídos nos dados. A remoção de ruído é impulsionada pela necessidade de remover os objetos indesejados antes de qualquer análise seja realizada sobre os dados. Porém esses ruídos também podem ser dados importantes que podem denunciar padrões fora do normal. A distinção entre os novos padrões e as anomalias é que os novos padrões são tipicamente incorporados no modelo normal depois de serem detectados. A Figura 1 ilustra as anomalias em um conjunto de dados em 2 dimensões.



**Figura 1 - Um simples exemplo de anomalias em um conjunto de dados de 2 dimensões. Fonte: Varun Chandola, (2009)**

Ao analisar a Figura 1 notam-se duas regiões normais,  $N_1$  e  $N_2$ , uma vez que a maioria das observações se encontra nessas duas regiões. Alguns pontos estão distantes destas regiões,  $o_1$  e  $o_2$ , e pontos na região  $O_3$ , são anomalias. Anomalias podem ser induzidas nos dados por uma variedade de razões, tais como atividades maliciosas, por exemplo, fraude de cartão de crédito, cyber-intrusão, atividade terrorista ou avaria de um sistema, mas todas essas razões tem uma característica comum, o interesse para o analista [Chandola, 2009].

## 2.2. Detecção de Intrusão

Segundo Siddiqui (2000), a detecção de intrusão é o processo de determinar uma invasão num sistema pela observação das informações disponíveis sobre o estado do sistema e monitorar as atividades dos usuários. Jones & Sielke (2000), afirmam que os intrusos podem ser entidades de fora ou usuários de dentro do sistema tentando acessar informações não autorizadas. Com base nessas observações os intrusos podem ser amplamente divididos em duas categorias, Intrusos externos (A) e Intrusos internos (B). (A) Intrusos externos são aqueles que não têm um acesso autorizado ao sistema com o que estão lidando. (B) Intrusos internos são aqueles que têm acesso autorizado a apenas uma parte do sistema e eles ultrapassam seus direitos de acesso originais legítimos. Os usuários internos podem ser divididos em: (I) mascarados que são aqueles que usam a identificação e autorização de outros usuários legítimos. (II) clandestinos que são aqueles que fogem com êxito das medidas de auditoria e monitoramento.

Quando é feita uma análise de uma conexão temos uma sequência de pacotes TCP (*Transfer Control Protocol*) iniciando e finalizando em algum tempo bem definido com dados fluindo do endereço IP (*Internet Protocol*) fonte para o IP destino sob algum protocolo bem definido. A cada conexão pode ser atribuído um rótulo de normal ou de ataque. Os ataques, por sua vez, podem ser rotulados nas seguintes categorias: (1) DoS (*Denied of Service*), como por exemplo, Syn Flood (*Inundação de pedidos de Sincronização*). (2) R2L (*Remote to Local Attack*): acesso não autorizado a partir de uma máquina remota, por exemplo, guessing password (*Adivinhação de Senha*). (3) U2R (*User to Root*): acesso não autorizado com privilégios de super usuário, por exemplo, buffer overflow (*Transbordamento de Buffer*). (4) Probing (*Sondagem*): monitoramento e método de tentativa e erro, por exemplo o Port Scanning (escaneamento de portas). Lembrando que as categorias mencionadas acima não são necessariamente intrusões, mas podem evidenciar a fragilização do servidor em uma sequência para uma posterior

tentativa de intrusão. A detecção de intrusão é a segunda linha de defesa de uma rede e ela é feita através dos IDS.

O objetivo deste estudo é propor preliminarmente um teste comparativo do comportamento dos algoritmos KNN e K-Means como motores dos IDS na detecção de intrusões em redes de computadores. O teste abordará o aspecto de desempenho (acuracidade e velocidade), dos algoritmos, na detecção de intrusões.

### 3. Algoritmos na detecção de intrusão

A detecção de intrusão em redes de computadores é uma área de estudo bastante ativa e várias técnicas são usadas. A classificação das técnicas de detecção de anomalias de rede presentes na literatura é uma tarefa difícil devido à diversidade e ao desenvolvimento constante de novas técnicas. Perlin (2011), em seu trabalho classificou os métodos de detecção de anomalias de rede em métodos baseados em Conhecimento, Aprendizagem de Máquina e Análise Estatística. (A) Conhecimento: Máquina de Estados Finitos; Sistemas especialistas ou baseado em regras; Busca por Padrões (*Pattern Matching*). (B) Aprendizagem de Máquina: Redes Bayesianas; Cadeias de Markov; Redes Neurais; Lógica Difusa (*Fuzzy Logic*); Algoritmos Genéticos; Algoritmos de Agrupamento (*Clustering*); Sistemas Imunológicos Artificiais. (C) Análise de Sinais: Análise Estatística; Filtros de Kalman; CUSUM (*CUMulative SUM*); Séries Temporais; Wavelets. A escolha dos algoritmos K-Means e KNN para serem comparados surge do fato de que o primeiro tem sido utilizado em várias pesquisas mas o último não tem sido muito usado nos motores de IDS, deixando uma lacuna para pesquisa que versará sobre o comportamento dos dois algoritmos.

#### 3.1. K-Nearest Neighbors (KNN)

O KNN é um classificador onde o aprendizado é baseado na analogia. O conjunto de treinamento é formado por vetores  $n$ -dimensionais e cada elemento deste conjunto representa um ponto no espaço  $n$ -dimensional. Para determinar a classe de um elemento que não pertença ao conjunto de treinamento, o classificador KNN procura  $k$  elementos do conjunto de treinamento que estejam mais próximos deste elemento desconhecido, ou seja, que tenham a menor distância. Estes  $k$  elementos são chamados de  $k$ -vizinhos mais próximos. Verifica-se quais são as classes desses  $k$  vizinhos e a classe mais frequente será atribuída à classe do elemento desconhecido.

KNN é um classificador que possui apenas um parâmetro livre (o número de  $k$ -vizinhos) que é controlado pelo usuário com o objetivo de obter uma melhor classificação [Silva, 2015].

#### 3.2. K-Means (k-médias)

O algoritmo K-Means é uma heurística de agrupamento não hierárquico que busca minimizar a distância dos elementos a um conjunto de  $k$  centros  $\chi = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$  de forma iterativa. A distância entre um ponto  $p_i$  e um conjunto de clusters é definida como sendo a distância do ponto ao centro mais próximo dele. A função a ser minimizada então, é dada pela equação: 
$$d(P, \chi) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d(p_i, \chi)^2$$

O algoritmo depende de um parâmetro ( $k$ =número de clusters) definido de forma *ad hoc* pelo usuário. Isto costuma ser um problema, tendo em vista que normalmente não

se sabe quantos clusters existem a priori. O algoritmo K-Means pode ser descrito conforme os seguintes passos: (1) Escolher  $k$  pontos diferentes para centros dos grupos (possivelmente, de forma aleatória). (2) Associar cada ponto ao centro mais próximo. (3) Recalcular o centro de cada grupo. (4) Repetir os passos 2-3 até nenhum elemento mudar de grupo. Este algoritmo é extremamente veloz, geralmente converge em poucas iterações para uma configuração estável, na qual nenhum elemento está designado para um cluster cujo centro não lhe seja o mais próximo [Linden, 2009].

## 5. Metodologia

O comparativo de desempenho dos algoritmos será elaborado através do processamento de uma massa de dados denominada *KDDCUP99\**, no formato ARFF (*Attribute-Relation File Format*) para o processamento na ferramenta WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*). Através dos testes serão estabelecidas tabelas e gráficos comparativos que permitirão apontar as vantagens e desvantagens dos dois algoritmos para a tarefa estabelecida.

## 6. Considerações Finais

A detecção de anomalias é um problema que é pesquisado em diferentes áreas da Computação, a Estatística e a Matemática com aplicação em domínios que vão da Medicina até a questões de Segurança Militar. Muitas técnicas foram propostas para resolver o problema, algumas das quais são específicas para domínios particulares.

O que foi apresentado neste artigo é parte de um trabalho preliminar que está sendo realizado para analisar as técnicas de detecção de anomalias no contexto da detecção de intrusões em redes de computadores.

## Referências

- Han, L. & Kamber, M., 2006. "Data mining concepts and techniques". 2ª ed. São Francisco: Morgan Kaufmann & Elsevier.
- Linden, R., 2009. "Técnicas de agrupamento". Revista de sistemas de informação da FSMA", p. 18-36.
- Perlin, T., Nunes, R. C. & Kozakevicius, A. d. J., 2011. "Detecção de Anomalias em Redes de Computadores através de Transformadas Wavelet". Revista Brasileira de Computação Aplicada, 3(1), pp. 2-15.
- Silva, L. M. O. D., 2015. "Uma aplicação de árvores de decisão, redes neurais e KNN para a identificação de modelos arma não-sazonais e sazonais", (Online) disponível em: [http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7587/7587\\_6.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7587/7587_6.PDF), Acesso em 13: 07: 2015.
- Varun Chandola, A. B. V. K., 2009. "Anomaly detection: A Survey", ACM Computing Surveys, 07, p. 15-49.

---

\* Data set usado na The Third International Knowledge Discovery and Data Mining Tools Competition (KDD-99). A competição consistia em implementar um detector de intrusões

# Reconhecimento facial utilizando Floresta de Caminhos Ótimos e algoritmos de votação

Jair José da Silva, Luis Mariano Del Val Cura

Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)  
Campo Limpo Paulista – SP – Brazil  
silvajj.cc@gmail.com, delval@cc.faccamp.br

**Abstract.** *This paper presents experimental results of a facial recognition algorithm based on the Optimum Path Forest (OPF) classifier using voting methods. In this approach feature vectors are extracted from the difference image built by comparing two facial images. The facial recognition algorithm classifies feature vectors in two classes: the class of difference images of the same individual (intrapersonal class) and the class of difference images of different individuals (interpersonal class). The classification process integrates the results of multiple classifiers using voting methods.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta resultados experimentais de uma proposta de algoritmo de reconhecimento facial baseado no classificador supervisionado Floresta de Caminhos Ótimos (OPF) com o uso de métodos de votação. Nesta proposta, o vetor de características é extraído da imagem diferença resultante de duas imagens faciais comparadas. Para verificar se as imagens comparadas pertencem ao mesmo indivíduo, este descritor diferença é classificado em duas classes: a classe que representa imagens diferença do mesmo indivíduo (classe intrapessoal) e a classe que representa imagens diferença de indivíduos diferentes (classe interpessoal). Para este processo de classificação o trabalho propõe o uso de múltiplos classificadores que integram seus resultados através de algoritmos de votação.*

## 1. INTRODUÇÃO

Algoritmos convencionais de reconhecimento facial extraem das imagens da face descritores em forma de vetores de características, que representam as propriedades que permitem a identificação dos humanos [Jain et al. 2007]. Geralmente, o reconhecimento facial é realizado comparando o descritor obtido de uma imagem de consulta com o descritor de uma imagem alvo, atribuindo-se a esta comparação um valor de similaridade. Este valor de similaridade é comparado com um valor limiar de decisão prefixado para decidir se as imagens pertencem ou não ao mesmo indivíduo. Quando a comparação é realizada entre descritores do mesmo indivíduo temos uma comparação genuína e caso contrário, temos uma comparação impostora.

Uma abordagem diferente, apresentada pela primeira vez em [Moghaddam et al. 2000], realiza a comparação subtraindo primeiramente as imagens de consulta e alvo e extraindo posteriormente um vetor de características desta imagem diferença. Para realizar o reconhecimento facial, este vetor de característica precisa ser classificado

como correspondente a uma imagem diferença da classe intrapessoal (comparação genuína) ou da classe interpessoal (comparação impostora). A hipótese desta proposta é que as imagens diferenças de imagens do mesmo indivíduo possuem características diferentes das imagens diferenças de imagens de indivíduos diferentes. O reconhecimento facial em [Moghaddam et al. 2000] é realizado então através de um classificador bayesiano que estima o valor da probabilidade de que o descritor da imagem diferença pertença à classe intrapessoal. Este valor é utilizado como similaridade para, a partir do limiar de decisão, determinar se as imagens de consulta e alvo pertencem ou não ao mesmo indivíduo.

O uso de um classificador bayesiano em vetores de alta dimensionalidade, como é o caso de descritores biométricos, impõe um alto custo computacional, tanto no treinamento do classificador como no processo de classificação. Adicionalmente, exige distribuição normal e separação linear das classes intrapessoal e interpessoal.

Neste trabalho propomos a utilização do classificador Floresta de Caminhos Ótimos (OPF) [Papa et al. 2009] que não impõe condições na distribuição dos descritores biométricos. Adicionalmente, neste trabalho introduzimos a classificação por votação proposta em [Ponti-Jr et al. 2011], na qual são criados  $n$  classificadores OPFs independentes, e a classificação final é obtida pela integração por votação dos resultados de cada um deles.

Como parte da pesquisa foram realizados experimentos com descritores biométricos obtidos pelos métodos de extração de características faciais eigenfaces [Turk et al. 1991] e casamento de grafos elásticos, ou EBGM [Wiskott et al. 1997].

O artigo está organizado como segue: a Seção 2 apresenta o classificador Floresta de Caminhos Ótimos (OPF) e a abordagem de votação, a Seção 3 descreve a adaptação e uso do classificador OPF como algoritmo biométrico, a seguir na Seção 4 são apresentados os resultados experimentais obtidos, e finalmente na Seção 5 temos as conclusões e trabalhos futuros.

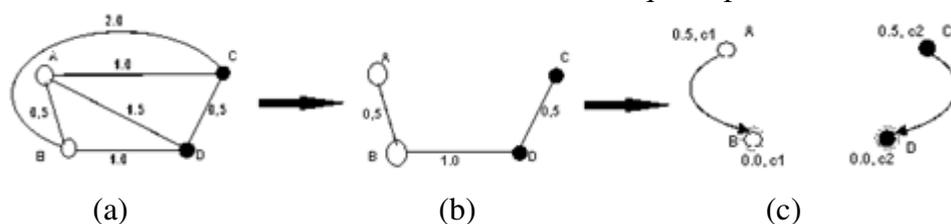
## **2. O CLASSIFICADOR FLORESTA DE CAMINHOS ÓTIMOS E A ABORDAGEM DE VOTAÇÃO**

Classificadores são algoritmos de aprendizado de máquina que conseguem associar uma determinada amostra, o descritor, a uma dentre  $n$  classes previamente definidas. No caso de classificadores supervisionados o algoritmo recebe, em uma fase de treinamento, um conjunto de descritores previamente associados a suas classes. Com este conjunto de treinamento o algoritmo deve aprender as características de cada classe para posteriormente na fase de teste, associar novos descritores a essas classes já definidas.

O algoritmo supervisionado Floresta de Caminhos Ótimos (OPF), proposto por Papa [Papa et al. 2009] constrói um classificador. Na fase de aprendizado o algoritmo constrói inicialmente um grafo completo no qual os nós são os descritores previamente rotulados em uma das classes e as arestas são rotuladas com as distâncias entre esses descritores, como mostra a Figura 1(a). Para o cálculo dos rótulos das arestas é usada uma função de distância e, via de regra, a distância euclidiana é empregada.

A partir do grafo completo o algoritmo prossegue construindo a Árvore

Geradora Mínima (MST) como mostra a Figura 1(b). O algoritmo percorre a MST e marca os nós protótipos, que são aqueles que estão unidos por arestas que conectam nós de classes diferentes (nós B e D em Figura 1(b)). Na sequência é realizado um processo de conquista em que os nós protótipos atribuem suas classes a outros nós do grafo usando um critério baseado em distância. Neste processo de conquista os nós protótipos recebem o valor zero e os outros um valor infinito. O primeiro nó (protótipo) consultará todos os outros nós conectados a ele aplicando a função do máximo valor entre seu valor e o custo da aresta. Em seguida é aplicada a função mínima entre o valor de retorno da função máximo e valor do nó a ser conquistado. O nó que for conquistado receberá valor do resultado das funções e o nome da classe do nó que ofereceu o melhor valor, como apresentado na Figura 1(c). Após percorrer todos os nós do grafo o algoritmo retornará uma floresta com várias árvores que representam as classes que



**Figura 1. Etapas de construção do OPF: (a) Grafo completo (b) Árvore Geradora Mínima (c) O protótipo B conquista o nó A e o protótipo D conquista o nó C.**

formam o grafo de treinamento, denominado OPF.

Para classificar um novo descritor, cada nó do OPF inicia um processo de conquista do descritor realizando o mesmo procedimento utilizado no treinamento. O novo descritor é rotulado com a classe associada ao nó que o conquistou.

Uma abordagem do algoritmo OPF utilizando um processo de votação foi proposta em [Ponti-Jr et al. 2011]. Nesta abordagem, o conjunto de treinamento é dividido em  $n$  subconjuntos e para cada um deles é construído um classificador OPF independente. Na fase de teste, um novo descritor é apresentado a cada classificador que associa o descritor a uma classe. Um algoritmo de votação toma uma decisão final sobre a classe desse novo descritor a partir da integração dos resultados de cada um dos classificadores.

### 3. PROPOSTA DO CLASSIFICADOR OPF COMO ALGORITMO BIOMÉTRICO

Este trabalho propõe o uso do classificador OPF para avaliar a relação com as classes intrapessoal e interpessoal de um descritor extraído da diferença de duas imagens. O classificador é treinado com um conjunto de descritores, gerados com imagens diferenças de indivíduos iguais e de indivíduos diferentes. Este treinamento gera duas classes, a classe intrapessoal e a classe interpessoal, respectivamente.

Se utilizarmos o algoritmo OPF em sua forma original, ele classificará um descritor de diferença em uma das classes intrapessoal e interpessoal, dependendo de qual dessas duas classes o conquiste. Para utilizar o algoritmo OPF como algoritmo biométrico, precisamos que em vez de classificar, ele retorne um valor que estime a relação da imagem diferença com as duas classes, isto é, que estime a similaridade das

imagens que foram subtraídas para construir o descritor.

Dado um descritor diferença  $F_{n,m}$  obtido da diferença entre as imagens  $I_n$  e  $I_m$ , e dadas as classes X (intrapessoal) e Y (interpessoal), a função de similaridade entre  $I_n$  e  $I_m$  é definida pela Equação (1).

$$\text{sim}(I_n, I_m) = 1 - d(F_{n,m}, X) / d(F_{n,m}, X) + d(F_{n,m}, Y) \quad (1)$$

Onde  $d(F_{n,m}, X)$  e  $d(F_{n,m}, Y)$  representam a menor distância do descritor  $F_{n,m}$  até os nós protótipos das classes intrapessoal e interpessoal, respectivamente.

Para nossa pesquisa, utilizamos duas metodologias de votação: a média tradicional e a média corrigida, sendo que esta média corrigida elimina do cálculo o maior e o menor valor obtido. Neste trabalho, a média será referenciada como média absoluta e a média corrigida, como média parcial.

#### 4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS

Nos experimentos realizados foram utilizados vetores de imagens faciais, do Banco de Dados FERET [Phillips et al. 2000]. A base para treinamento foi criada com 65 indivíduos com 6 imagens para cada um deles, permitindo gerar 975 descritores diferença genuínos (65 x 6) e 2080 descritores diferença impostores. A base de testes foi criada com 50 indivíduos com 4 imagens para cada um, o que permitiu criar 300 descritores diferença genuínos (50 x 4) e utilizamos 1274 descritores diferença impostores. Para criar estes descritores diferença foram utilizados os métodos EBGM [Wiskott et al. 1997] e Eigenfaces [Turk&Pentland1991]. Como função de distância para o classificador OPF foi utilizada a distância euclidiana. Para a classificação por votação foram utilizados os métodos da média absoluta e da média parcial e foram utilizados dez, quinze, vinte, vinte cinco e cinquenta conjuntos OPFs, além do OPF tradicional com um conjunto. Os conjuntos OPFs utilizados foram os que apresentaram os melhores resultados nos testes que realizamos. Por este motivo resolvemos apresentar apenas estes resultados em nosso trabalho.

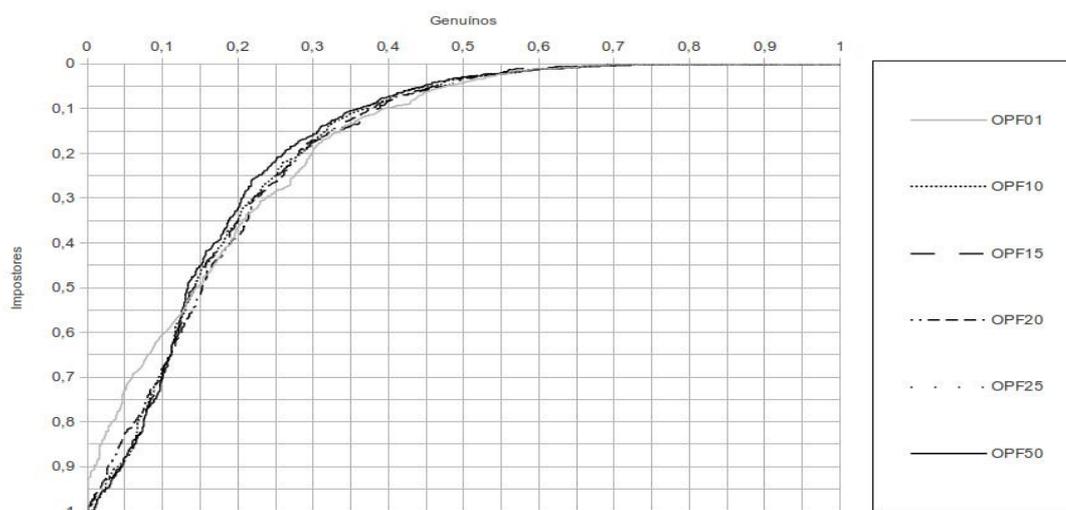
Para avaliar a acurácia do classificador OPF utilizamos as métricas biométricas [Jain et al. 2007]. O ERR (Equal Error Rate) é métrica biométrica onde a taxa dos erros das amostras genuínas são iguais à taxa dos erros das amostras impostoras; para a métrica FMR100 (False Matching Rate) temos a taxa dos erros das amostras genuínas onde o erro das amostras impostoras é 0,01; a FMR1000 é o erro das amostras genuínas onde o erro das amostras impostoras é 0,001; e o FMRZero é a taxa das amostras genuínas onde o erro das amostras impostoras é zero.

A Tabela 1 e o Gráfico 1 mostram os resultados obtidos com descritores EBGM utilizando o algoritmo de votação de média absoluta. A primeira coluna da tabela mostra a quantidade de classificadores OPF utilizados pelos algoritmos de votação. O Gráfico 1 mostra as curvas ROCs sendo que cada curva representa uma quantidade diferente de classificadores. O melhor resultado de EER é obtido com a votação de 50 classificadores embora não possui os melhores resultados para FMRs. Na FMR100 o melhor resultado é obtido com 15 classificadores. Na FMR1000, exceto com 50

classificadores, todos os outros testes ficam próximos ao valor para um único classificador. Já para o FMRZero, podemos considerar melhores resultados para 15 classificadores e um único classificador.

**Tabela 1. Métricas EER, FMR100, FMR1000 e FMRZero dos OPFs classificando amostras EBGM, utilizando o método de votação da média absoluta.**

Classificadores	EER	FMR100	FMR1000	FMRZero
OPF01	0,268718	0,595897	0,694359	0,714872
OPF10	0,24831	0,600616	0,705339	0,735113
OPF15	0,247433	0,577002	0,703285	0,715606
OPF20	0,251507	0,602669	0,708419	0,725873
OPF25	0,251507	0,602669	0,708419	0,725873
OPF50	0,23614	0,619097	0,722793	0,737166



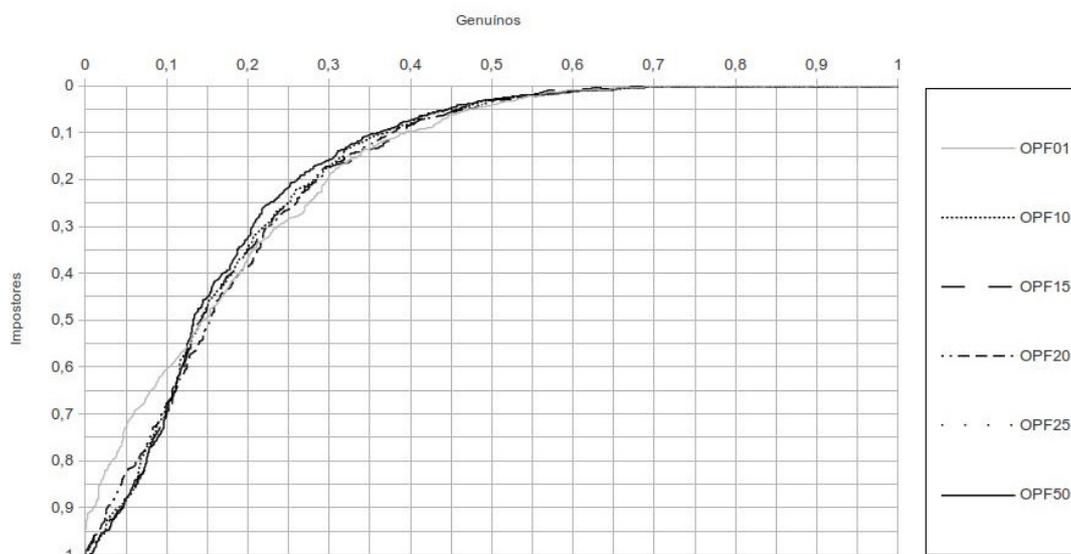
**Gráfico 1. Curvas ROCs dos OPFs classificando amostras do EBGM, utilizando o método de votação da média absoluta.**

A Tabela 2 e Gráfico 2 mostram as métricas calculadas do EER e FMR para descritores EBGM utilizando o método de votação da média parcial.

Estes resultados da Tabela 2 mostram que para a EER o melhor resultado é obtido com 50 classificadores. Para as métricas FMR100 e FMR1000 os melhores resultados foram obtidos com 15 classificadores. No caso do FMRZero, o uso de 15 classificadores continua com o melhor resultado, mas similar ao uso de um único classificador. Estes resultados são muito similares aos obtidos para o método de votação de média absoluta.

**Tabela 2. Resultados com descritores do método EBGM com votação por média parcial.**

Algoritmo	ERR	FMR100	FMR1000	FMRZero
OPF01	0,268718	0,595897	0,694359	0,714872
OPF10	0,249755	0,596509	0,704312	0,741273
OPF15	0,249442	0,572895	0,691992	0,715606
OPF20	0,256674	0,600616	0,707392	0,726899
OPF25	0,256674	0,600616	0,707392	0,726899
OPF50	0,236989	0,612936	0,722793	0,738193

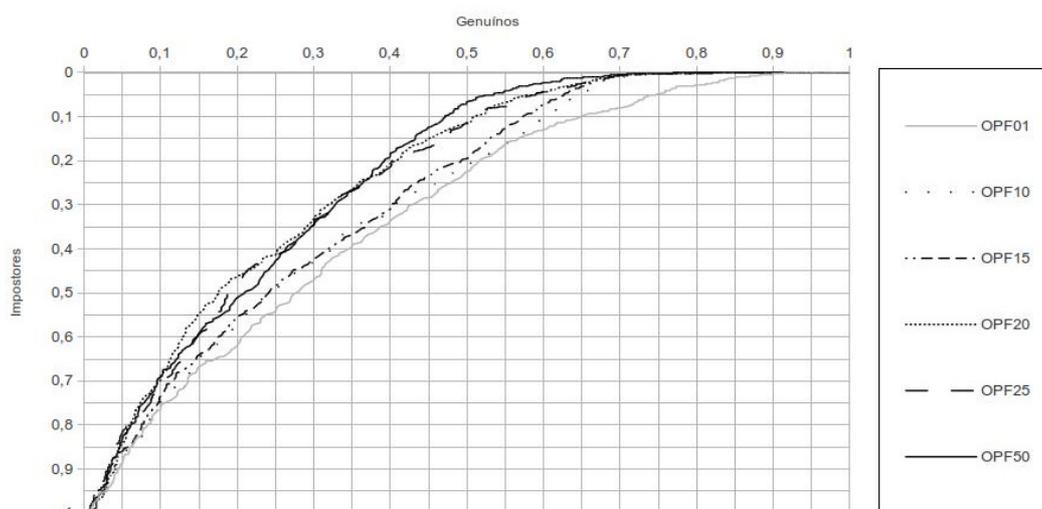


**Gráfico 2. Curvas ROCs dos OPFs classificando amostras do EBGm, utilizando o método de votação da média parcial.**

A Tabela 3 e Tabela 4, assim como o Gráfico 3 e Gráfico 4, mostram resultados trabalhando com descritores do método *Eigenfaces*.

**Tabela 3. Resultados com descritores do método Eigenfaces com votação por média absoluta.**

Algoritmo	ERR	FMR100	FMR1000	FMRZero
OPF01	0,36975	0,850112	0,911633	0,911633
OPF10	0,350899	0,702128	0,790594	0,829787
OPF15	0,358225	0,706607	0,759239	0,797312
OPF20	0,31019	0,68533	0,772676	0,792833
OPF25	0,319054	0,697648	0,786114	0,818589
OPF50	0,317845	0,674132	0,743561	0,769317



**Gráfico 3. Curvas ROCs dos OPFs classificando amostras do eigenfaces, utilizando o método de votação da média absoluta.**

A Tabela 3 e o Gráfico 3 apresentam o desempenho do algoritmo utilizando o

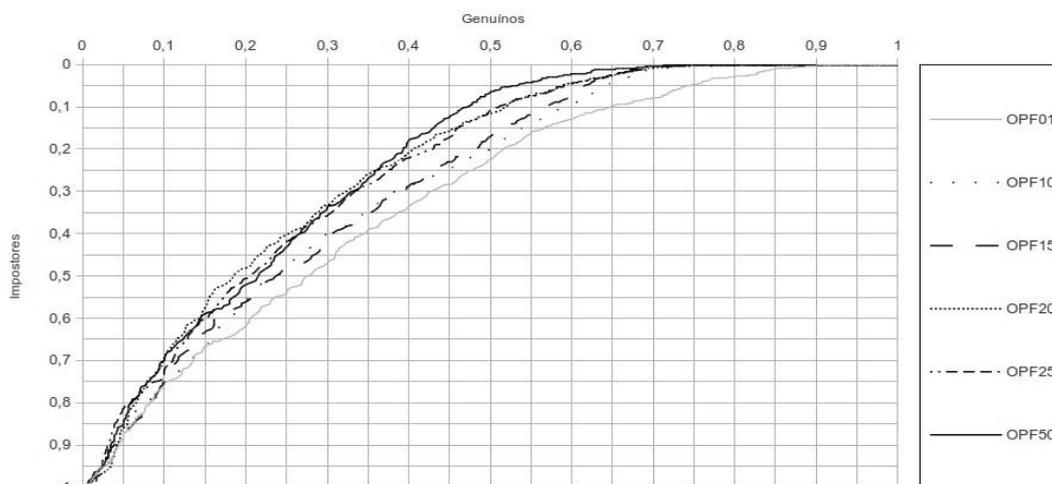
método de votação da média absoluta e a Tabela 4 e o Gráfico 4 os resultados com votação por média parcial.

A Tabela 3 e Gráfico 3 mostram que com o uso do algoritmo de votação de média absoluta para a EER o melhor resultado é conseguido com 20 classificadores. Já para FMR100, o FMR1000 e FMRZero o melhor resultado foi alcançado com 50 classificadores.

A Tabela 4 e o Gráfico 4 mostram os resultados com algoritmo de votação de média parcial. Podemos ver que para a EER temos o uso de 20 classificadores consegue o melhor resultado, e para o FMR100, FMR1000 e FMRZero repetindo o melhor resultado é conseguido com 50 classificadores, sendo os resultados similares aos da média absoluta.

**Tabela 4. Resultados com descritores do método Eigenfaces com votação por média parcial**

Algoritmo	ERR	FMR100	FMR1000	FMRZero
OPF01	0,36975	0,850112	0,911633	0,911633
OPF10	0,346173	0,699888	0,786114	0,818589
OPF15	0,351248	0,704367	0,770437	0,797312
OPF20	0,311639	0,690929	0,790594	0,793953
OPF25	0,320308	0,699888	0,792833	0,818589
OPF50	0,318176	0,675252	0,745801	0,769317



**Gráfico 4. Curvas ROCs dos OPFs classificando amostras do eigenfaces, utilizando o método de votação da média parcial.**

A partir dos resultados podemos concluir que o uso de múltiplos classificadores no método contribui para a melhora dos resultados do ERR quando comparado com o uso de um único classificador. Nos casos das métricas FMR a introdução de múltiplos classificadores, tem resultados muito próximos dos resultados do algoritmo com um único classificador.

No caso do método Eigenfaces a introdução de múltiplos classificadores contribui com uma melhora importante em todas as métricas sendo que o uso de 20 classificadores obtém o melhor valor de ERR e o uso de 50 classificadores para as métricas FMR.

Estes resultados mostram que o uso de múltiplos classificadores com algoritmos de votação pode potencializar em todos os casos a melhora do EER que é a métrica mais valorizada nos algoritmos biométricos. No caso do método de Eigenfaces, o uso de múltiplos classificadores potencializa todas as métricas em relação ao OPF tradicional.

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este artigo apresentou o uso do classificador Floresta de Caminhos Ótimos para reconhecimento facial com uso de algoritmos de votação. Foram realizados experimentos com descritores obtidos dos métodos EBGM e Eigenfaces. Foram utilizados dois algoritmos de votação: média absoluta e média parcial. Os resultados mostram que o uso de múltiplos classificadores contribui em todos os casos para a melhora da métrica EER e também para as outras no caso de descritores do método EBGM. Estes resultados sugerem que o uso de múltiplos classificadores pode potencializar a capacidade de reconhecimento do método de reconhecimento facial quando utilizada a abordagem por classificação em classes intrapessoal e interpessoal.

Em trabalhos futuros, serão pesquisados outros descritores de reconhecimento facial para verificar se a potencialização dos resultados se manifesta em outros métodos. Adicionalmente, pretende-se pesquisar outras métricas de similaridade para a criação dos classificadores OPF, assim como outros métodos de votação.

## 6. REFERENCIAS

- Jain, A. K., Flynn, P., Ross, A. (2007) “Handbook of Biometrics” – Springer Science Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA.
- Moghaddam, T., Jebara, T., Pentland, A. (2000) “Bayesian face recognition”, *Pattern Recognition*, 33(11), pp 1771-1782.
- Papa, J.P., Falcão, A.X., Suzuki, C.T.N. (2009) “Supervised pattern classification based on optimum-path forest”, *International Journal of Imaging Systems and Technology*, USA, 19(2) , pp 120-131.
- Phillips, P. J., Moon, H., Rizvi, S.A., Rauss, P.J. (2000) “The FERET evaluation methodology for face recognition algorithms”, *IEEE Trans. PatternAnalysisandMachineIntelligence*, 22(10), pp1090-1104.
- Ponti-Jr, M.P., Papa, J.P. (2011) ”Improving accuracy and speed of Optimum-Path Forest classifier using combination of disjoint training subsets”. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Workshop on Multiple Classifier Systems, MCS 2011, USA.*
- Turk, M., Pentland, A. (1991) “Face recognition using eigenfaces”, *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 586–591.
- Wiskott, L., Fellous, J.M., Krüger, N., Malsburg, C. (1997) “Face recognition by elastic bunch graph matching”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19(7), pp 775-779.

# Um Algoritmo para Abdução Peirceana Baseado em uma Estrutura de Raciocínio Quaternária em Lógica Proposicional

Felipe Rodrigues

Mestrado em Ciência da Computação – Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP)  
Caixa Postal 13221-230 – Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

rodrigues\_felipe7@hotmail.com

***Abstract.** This paper presents the main results of an abductive reasoning investigation. Utilizing a quaternary structure to formalize the abductive reasoning and a criterion to select good hypotheses this paper proposes the Peirce algorithm to perform abductive reasoning. This paper also compares abductive reasoning performed by humans and by the Peirce algorithm, it also presents Peirce Online system, a Web system where users utilize propositional logic to perform abductive reasoning.*

***Resumo.** Este artigo apresenta os principais resultados de uma investigação do raciocínio abdutivo. Utilizando uma estrutura quaternária para a formalização do raciocínio abdutivo em lógica e um critério para a seleção de boas hipóteses este trabalho propõe o algoritmo Peirce para a realização de raciocínios abduativos. Este trabalho também faz uma contraposição entre raciocínios realizados por pessoas e pelo algoritmo Peirce e apresenta o sistema Peirce Online, um sistema Web onde usuários podem utilizar a lógica proposicional para realizar raciocínios abduativos.*

## 1. Introdução

O raciocínio abdutivo é uma forma de raciocínio utilizada para formular hipóteses que expliquem fatos observados tendo uma teoria como base. Possui ampla utilização em diversas tarefas intelectuais como diagnóstico médico, diagnóstico de falhas, descoberta científica, argumentação jurídica e interpretação de linguagem natural.

Pode-se descrever o problema do raciocínio abdutivo como um problema clássico de busca [Romdhane e Ayeb, 2011], como um problema de cobertura de conjuntos, ou um problema de raciocínio probabilístico sobre Redes Bayesianas [Hacking, 2001]. De especial interesse para este trabalho é a formalização por meio da Lógica Proposicional (LP) pela sua simplicidade, não necessidade de mensuração de parâmetros probabilísticos, muitas vezes difíceis de serem obtidos e definidos, e proximidade semântica com os conceitos de raciocínio e inferência lógica são classicamente tratados.

Algoritmos para raciocínios abduativos [Kakas & Kowalski, 1995; Aliseda 2006; Christiansen, 2008; Dillig & Dillig, 2013] operam sobre uma estrutura ternária de raciocínio, denominada THF (Teoria, Hipóteses e Fatos) [Rodrigues, Oliveira e Oliveira, 2014]. Em [Rodrigues, 2014] uma estrutura quaternária, denominada TCHF (Teoria, Condições Aceitas, Hipóteses e Fatos), para a realização de raciocínios

abduativos é proposta e, de acordo com Rodrigues (2014), consegue englobar um aspecto presente em raciocínios abduativos o qual não consegue ser comportado na estrutura THF sem que haja uma descaracterização do raciocínio, aspecto esse denominado Condições Aceitas.

De forma geral, podem existir várias hipóteses para explicar fatos observados. Entretanto, algumas hipóteses podem explicar melhor os fatos do que outras. Assim, raciocínios abduativos podem ser vistos como processos de formulação de  $m \geq 0$  hipóteses gerais seguido da seleção de  $n \leq m$  boas hipóteses.

Este trabalho é uma versão sucinta dos resultados obtidos durante a realização de uma dissertação de mestrado acadêmico descrita em [Rodrigues, 2015]. O trabalho investigou o raciocínio abduativo. A investigação envolveu: aspectos peculiares do raciocínio; formalismos utilizados para a descrição e caracterização de problemas de raciocínios abduativos; a proposta de uma nova formalização; a proposta de um algoritmo para a realização de raciocínios abduativos e; a comparação de raciocínios realizados por pessoas e por algoritmos. Dentre as contribuições destacam-se: (1) A proposta de uma estrutura quaternária, denominada TCHF, para formalizar o raciocínio abduativo, Seção 2; (2) Um critério de seleção de boas hipóteses, Seção 3; (3) O algoritmo Peirce para a realização de raciocínios abduativos, Seção 4 e; (4) O sistema Peirce Online onde usuários utilizam a lógica proposicional para a realização de raciocínios abduativos, Seção 5.

## 2. Estrutura quaternária TCHF

A estrutura TCHF para a formalização de raciocínios abduativos é um sistema  $\langle T, C, H, F \rangle$  que consiste em:

- Um conjunto finito e não vazio,  $T = \{ t_1, t_2, t_3, \dots, t_m \}$ , de proposições da LP, na Forma HF, denotando  $t_1 \wedge t_2 \wedge t_3 \wedge \dots \wedge t_m$ . Este conjunto representa as proposições que devem ser assumidas como verdadeiras no momento do raciocínio abduativo.
- Um conjunto finito,  $C = \{ c_1, c_2, c_3, \dots, c_p \}$ , de proposições da LP, na Forma HF, denotando  $c_1 \wedge c_2 \wedge c_3 \wedge \dots \wedge c_p$ . Este conjunto representa condições que devem ser assumidas como verdadeiras no momento do raciocínio abduativo.
- Um conjunto finito,  $H = \{ h_1, h_2, h_3, \dots, h_n \}$ , de proposições da LP denotando  $h_1 \vee h_2 \vee h_3 \vee \dots \vee h_n$ . Este conjunto representa as hipóteses que juntamente à teoria (T) e às condições aceitas (C), explicam os fatos observados (F).
- Um conjunto finito e não vazio,  $F = \{ f_1, f_2, f_3, \dots, f_q \}$ , de átomos da LP, denotando  $f_1 \wedge f_2 \wedge f_3 \wedge \dots \wedge f_q$ . Este conjunto representa os fatos que devem ser explicados através do raciocínio abduativo; estes fatos incluem evidências, sintomas, observações, marcas, sinais, etc.

A Forma HF [Rodrigues, Oliveira e Oliveira, 2014], utilizada na definição dos conjuntos, é uma restrição de escrita de proposições utilizada para minimizar o tempo computacional de realização de raciocínios abduativos, uma vez que, de acordo com Eiter e Gottlob (1995), estes são da classe de problemas NP-Completo. De acordo com Rodrigues, Oliveira e Oliveira, (2014), proposições na Forma HF são facilmente

convertidas para proposições na Forma Normal Conjuntiva em Cláusulas Horn (FNCCCH), e a partir desta conversão consegue-se desenvolver um algoritmo polinomial para a realização de raciocínios abduativos.

Para a realização de um raciocínio abduativo na estrutura TCHF, deve-se: (1) formular um conjunto de hipóteses  $H$  que juntamente com uma teoria  $T$  e com condições aceitas  $C$  explique, totalmente ou parcialmente, os fatos do conjunto  $F$  e; (2) satisfazer as seguintes condições:

$$T \cup C \not\models F, \quad (2.1)$$

$$T \cup C \cup \{h\} \models_p F, \forall h \in H, \text{ sendo } H \neq \emptyset, \quad (2.2)$$

$$T \cup C \cup \{h\} \not\models \perp, \forall h \in H, \text{ sendo } H \neq \emptyset. \quad (2.3)$$

Hipóteses satisfazendo a condição (2.2) são chamadas *hipóteses candidatas*. Hipóteses candidatas que satisfazem a condição (2.3) são *hipóteses consistentes*. A condição (2.2) utiliza um conceito de consequência lógica parcial. A definição de consequência lógica parcial encontra-se em [Rodrigues, Oliveira e Oliveira, 2014], e em essência garante que uma hipótese é considerada uma possível solução de um problema de raciocínio abduativo se explicar pelo menos um dos fatos do conjunto de fatos observados, e não necessariamente todos, o que aconteceria se fosse utilizado o conceito de consequência lógica.

### 3. Critério para a Seleção de Boas Hipóteses

Critérios para seleção de boas hipóteses têm sido extensivamente considerados em outros trabalhos de Filosofia, Psicologia e Inteligência Artificial, mas uma formulação precisa deles permanece controversa. De forma geral, os critérios de força explanatória e complexidade de uma hipótese são recorrentes e têm conotações semelhantes em vários trabalhos. Por isto, este trabalho propõe, para a seleção de boas hipóteses, o emprego destes dois critérios:

- **Força explanatória:** apesar de ser abordada com diferentes nomes e alguma diferença de conotação – mais explicativa [Harman, 1965], consiliência [Thagard, 1978; 1989], relevância [Magnani, 2009] – a força explanatória de uma hipótese refere-se ao quanto ela é abrangente e unificadora. Uma medida para a força explanatória de uma hipótese é a quantidade de fatos que ela é capaz de explicar. Assim, por exemplo, uma hipótese que explica 4 de 5 fatos observados, deve ser preferida em relação à outra que explica apenas 2 fatos.
- **Complexidade:** este trabalho assume a tentativa de Aliseda (2006) e Dillig & Dillig (2013) para a captura do conceito de complexidade segundo a qual, deve-se preferir, por exemplo, uma hipótese contendo uma explicação, e.g., “ $a$ ”, em vez de uma hipótese contendo mais de uma explicação, e.g., “ $a$  e  $b$ ”, ou preferir “ $a$  e  $b$ ” em vez de “ $a, b$  e  $c$ ”.

É definido então um Critério para a Seleção de Boas Hipóteses da seguinte maneira: Dado um conjunto  $H$  de hipóteses candidatas para explicar um conjunto  $F$  de fatos,  $h \in H$  é considerada uma boa hipótese se satisfaz às seguintes condições:

- A força explanatória de  $h$  é maior ou igual a uma constante  $\lambda_1$ .

- A complexidade de  $h$  é menor ou igual a uma constante  $\lambda_2$ .
- A hipótese  $h$  possui complexidade mínima entre todas as hipóteses que tem a força explanatória máxima em  $H$ .

Nos experimentos realizados utilizamos os valores  $\lambda_1 = 0.5$  e  $\lambda_2 = 5$ . Os valores de  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ , utilizados no experimento, foram escolhidos para coincidir com fatores humanos. Considerando o experimento de Miller [MacKenzie, 2013], a memória humana e a capacidade de processamento humano estão limitadas a  $7 \pm 2$  elementos simultâneos, assim  $\lambda_2 = 5$ . Boas hipóteses explicam pelo menos 50% dos fatos observados, assim  $\lambda_1 = 0.5$ .

#### 4. Algoritmo Peirce

O algoritmo Peirce( $T, C, H$ ) realiza um raciocínio abduutivo. A Figura 1 apresenta o pseudocódigo do algoritmo Peirce.

```

Algoritmo Peirce(T, C, F):
Entrada:
  • Conjuntos T, C e F como descritos na Seção 2.
Saída:
  • Conjunto H como descrito na Seção 2.
1  {
2    se Consistentes(T, C) então
3    {
4      R := Forma_Normal_Conjuntiva_Clausulas_Horn(T, C,
           -F);
5      R := Resolucao(R);
6      se existe alguma cláusula vazia em R então
7        escreva ("Não há hipóteses a serem formuladas,
                 pois T U C  $\models$  F");
8      senão
9      {
10     H := Formular_Hipoteses_Candidatas(R);
11     H := Remover_Hipoteses_Inconsistentes(T, C, H);
12     H := Selecionar_Boas_Hipoteses(T, C, H, F);
13     retornar H.
14   }
15 }
16 senão
17   escreva ("Impossível formular hipóteses. A Teoria e
            as Condições Aceitas formam um sistema
            inconsistente.");
18 }

```

Figura 1: Algoritmo Peirce

Por carência de espaço não será possível detalhar os subalgoritmos do algoritmo Peirce, porém estes subalgoritmos podem ser encontrados em detalhes em [Rodrigues, 2015], o Exemplo 1 demonstra o funcionamento do algoritmo Peirce:

**Exemplo 1:** Este exemplo mostra a execução do algoritmo Peirce utilizando como cenário um circuito elétrico simples, composto de uma bateria, fios, um interruptor e uma lâmpada.

O algoritmo Peirce( $T, C, F$ ) recebe como entrada  $T = \{ \text{interruptor\_desligado} \rightarrow \text{lampada\_apagada}, \text{bateria\_descarregada} \rightarrow \text{lampada\_apagada}, \text{fios\_rompidos} \rightarrow \text{lampada\_apagada} \}$ , uma teoria sobre explicações que poderiam levar à lâmpada do circuito a estar apagada. Para o conjunto de condições aceitas vamos assumir, neste exemplo, que os fios utilizados no circuito são novos e que aceitamos por condição que fios novos não estão rompidos, assim  $C = \{ \text{fios\_novos}, \text{fios\_novos} \rightarrow \neg \text{fios\_rompidos} \}$  e para o conjunto de fatos  $F = \{ \text{lampada\_apagada} \}$ . Uma vez que  $T \cup C \neq \perp$ , o algoritmo Consistentes( $T, C$ ) retorna verdadeiro (linha 2), e  $R$  é preenchido com  $T \cup C \cup \neg F$  na FNCCH, assim:

- Na linha 4:  $R = \{ \neg \text{interruptor\_desligado} \vee \text{lampada\_apagada}, \neg \text{bateria\_descarregada} \vee \text{lampada\_apagada}, \neg \text{fios\_rompidos} \vee \text{lampada\_apagada}, \text{fios\_novos}, \neg \text{fios\_novos} \vee \neg \text{fios\_rompidos}, \neg \text{lampada\_apagada} \}$
- Na linha 5, após a resolução:  $R = \{ \neg \text{interruptor\_desligado}, \neg \text{bateria\_descarregada}, \neg \text{fios\_rompidos} \}$

Não havendo cláusulas vazias em  $R$  (testado na linha 6), as hipóteses candidatas são formuladas:

- Na linha 10:  $H = \{ \text{interruptor\_desligado}, \text{bateria\_descarregada}, \text{fios\_rompidos}, \text{interruptor\_desligado} \wedge \text{bateria\_descarregada}, \text{interruptor\_desligado} \wedge \text{fios\_rompidos}, \text{bateria\_descarregada} \wedge \text{fios\_rompidos}, \text{interruptor\_desligado} \wedge \text{bateria\_descarregada} \wedge \text{fios\_rompidos} \}$ .

Uma vez que  $T \cup C \cup \{ \text{fios\_rompidos} \} \models \perp$  então todas as hipóteses que apresentam  $\text{fios\_rompidos}$  são inconsistentes sendo assim removidas de  $H$ , restando como hipóteses consistentes  $H = \{ \text{interruptor\_desligado}, \text{bateria\_descarregada}, \text{interruptor\_desligado} \wedge \text{bateria\_descarregada} \}$ . Na linha 12 o algoritmo calcula a força explanatória e complexidade de cada hipótese em  $H$ , retornando  $H = \{ \text{interruptor\_desligado}, \text{bateria\_descarregada} \}$  por serem as hipóteses com maior força explanatória e menor complexidade.

A utilização da LP com Cláusulas Horn permitiu que fosse possível a elaboração do algoritmo Peirce com tempo de execução  $O(n^{3+\lambda_2})$ . Como  $\lambda_2$  é uma constante, tipicamente igual a 5, o algoritmo possui tempo de execução polinomial. Para uma análise mais detalhada do tempo de execução do algoritmo Peirce seria necessário dispor de seus subalgoritmos, estes e uma análise mais aprofundada são encontrados em [Rodrigues 2015].

## 4.1. Pesquisa Experimental

Uma pesquisa experimental foi realizada com o objetivo verificar a tendência das hipóteses computadas pelo algoritmo Peirce coincidirem com raciocínios abduativos realizados por pessoas. A motivação desta pesquisa parte do entendimento deste trabalho de que a seleção de boas hipóteses abduativas e a estrutura TCHF propostas são conceitos inspirados por fatores humanos.

### 4.1.1. Hipóteses de pesquisa

Pode-se descrever esta pesquisa, segundo a tradição Estatística de declaração de hipóteses nulas e alternativas:

- $H_0$ : Pessoas não formulam hipóteses coincidentes com aquelas formuladas pelo algoritmo Peirce como solução de problemas abduativos.
- $H_a$ : Pessoas formulam hipóteses coincidentes com aquelas formuladas pelo algoritmo Peirce como solução de problemas abduativos.

#### 4.1.2. Materiais e Sujeitos da pesquisa

Foi proposto um Questionário com 10 situações envolvendo raciocínios abduativos. Cada questão apresenta uma situação onde é descrito, em português corrente e de maneira implícita, uma teoria, fatos observados e, em alguns casos, condições aceitas. Nas alternativas de cada questão apresentam-se possíveis hipóteses abduativas.

O Questionário foi validado por um teste piloto envolvendo 25 estudantes de graduação os quais não participaram do experimento final. No experimento final um total de 193 estudantes de graduação e pós-graduação da Faculdade Campo Limpo Paulista participaram da pesquisa. Estes estudantes foram escolhidos de maneira aleatória de diferentes cursos da instituição. A Tabela 1 sintetiza o perfil dos participantes.

**Tabela 1: Perfil dos participantes da pesquisa.**

<i>Sexo, n (%)</i>			<i>Idade, em anos</i>		
<i>Masculino</i>	<i>Feminino</i>	<i>Não Identificados</i>	<i>Faixa</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>
81 (42%)	102 (53%)	10 (5%)	18 – 60	27	24

De forma geral, pode-se dizer que o perfil dos participantes apresenta um pequeno predomínio de pessoas do sexo feminino, da faixa etária de 18 a 60 anos de idade, mas com média e mediana próximas de 25 anos, ou seja, mais próximas do limite inferior da faixa etária.

#### 4.1.3. Resultados

Como medida estatística, foi utilizado o teste Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) [Callegari-Jacques, 2008], ao nível de significância de 1%. A Tabela 2 apresenta o resultado do experimento.

**Tabela 2: Resultado da verificação da tendência das soluções computadas pelo algoritmo Peirce coincidirem com as soluções formuladas por pessoas.**

<i>Respostas aderentes</i>	<i>Respostas não aderentes</i>	$\chi^2$	<i>Valor p</i>
86	47	11,44	0,001

Para a população estudada o teste  $\chi^2$  sugere que a coincidência entre as respostas dos participantes e as soluções computadas pelo algoritmo Peirce é significativa ( $\chi^2(1) = 11,44, p = 0,001 < 0,01$ ). Ou seja, admite-se a hipótese alternativa.

Por fim, é importante ressaltar, mais uma vez, que este experimento não esgota o assunto, mas busca apontar um caminho para a compreensão do fenômeno da formulação e seleção de boas hipóteses como um fator humano.

## 5. Peirce Online

O sistema Peirce Online<sup>1</sup> realiza raciocínios abduativos utilizando a estrutura quaternária TCHF e o critério para a seleção de boas hipóteses apresentados neste trabalho. É implementado em um ambiente Web utilizando HTML, JavaScript e ASP.NET, juntamente com a linguagem de programação C#.

Peirce Online opera com conjuntos de proposições da LP. Para a definição de átomos estes devem iniciar com letras e podem ser seguidos por letras, números ou o símbolo subtração (“\_”), exceto para as palavras reservadas que representam conectivos lógicos. Os conjuntos de proposições estão restritos à Forma HF, e são declarados entre chaves (“{”}) e cada proposição pertencente aos conjuntos é separada por vírgula (“,”).

No sistema os campos *Theory set* e *Conditions set* devem ser preenchidos com um conjunto de proposições podendo ser utilizadas todas as formas pertencentes à Forma HF. O campo *Facts set* deve ser preenchido com um conjunto de átomos separados por vírgula. Para execução do raciocínio abduativo deve-se clicar no botão *Abductive Reasoning* e o resultado será apresentado no campo *Hypotheses set*.

## 6. Conclusão e discussão

A utilização da estrutura TCHF mostrou aspectos positivos com relação à realização e à modelagem de raciocínios abduativos, permitindo a explicitação de condições sem descaracterização do raciocínio. A utilização dos critérios de força explanatória e complexidade na formulação de um critério único, é uma decisão de design de algoritmos fundamentada na opção por um critério simples que funciona relativamente bem na prática e que obteve um resultado positivo de acordo com os resultados da pesquisa experimental. A escolha da LP nos proporcionou uma descomplicação e uma visão simples com relação à realização de raciocínios abduativos, apesar de suas limitações, comparada à, por exemplo, Lógica de Primeira Ordem. O Sistema Peirce Online permite a criação de modelos de fenômenos, máquinas, situações do cotidiano, conhecimento especialista, etc. Estes modelos podem ser estruturados por diversas teorias e condições. O Sistema Peirce Online também pode ser útil para auxiliar pessoas a realizarem raciocínios, mas também pode ser empregado com objetivos específicos como aprendizagem, validação de teorias, etc.

Interessantes desafios para trabalhos futuros podem incluir investigações referentes a critérios de seleção de boas hipóteses, uma vez que os apresentados aqui tendem a serem gerais, mais critérios podem ser utilizados na realização de raciocínios abduativos, sejam eles também gerais ou específicos para um domínio. A adaptação do algoritmo Peirce para a Lógica de Primeira Ordem é também uma interessante linha de pesquisa. O desenvolvimento de uma linguagem que permita a declaração de várias teorias, condições, fatos e, também, de raciocínios abduativos para que sejam utilizados em operações de união, intersecção e subtração de raciocínios abrirá espaço para “programação” de raciocínios mais complexos como, por exemplo, raciocínios que se desenvolvem a partir da oposição dialética entre dois raciocínios mais elementares.

---

<sup>1</sup> <http://peirceonline.gear.host>

## 7. Referências

- Aliseda, A. (2006) “Abductive Reasoning: logical investigations into discovery and explanation”. The Netherlands: Springer.
- Callegari-Jacques, S. M. (2008) “Bioestatística: princípios e aplicações”. Porto Alegre: Artmed.
- Christiansen, H. (2008) “Executable specifications for hypothesis-based reasoning with Prolog and Constraint Handling Rules”. *Journal of Applied Logic*. Amsterdam: Elsevier BV, v. 7, n. 3, pp. 347-362.
- Dillig, I. & Dillig, T. (2013) “Explain: a tool for performing abductive inference”. In: Sharygina, N., Veith, H. (2013), eds. *CAV 2013*. LNCS, Heidelberg: Springer, v. 8044, pp. 684-689.
- Eiter, T. & Gottlob, G. (1995) “The Complexity of Logic Based Abduction”. *Journal of the Association for Computing Machinery*. New York: ACM, v. 42, n. 1, pp. 3-42.
- Kakas, A. C., Kowalski, R. A. & Toni, F. (1995) “Abductive logic programming”. *Journal of Logic and Computation*, v. 2, n. 6, pp. 719-770.
- Rodrigues, F. (2014) “Uma Estrutura Quaternária para Raciocínio Abduativo”. *Anais do X Workshop de Computação da Faccamp*. pp. 49-52.
- Rodrigues, F. (2015) “Um Algoritmo para Abdução Peirceana Baseado em uma Estrutura de Raciocínio Quaternária em Lógica”, [http://www.cc.faccamp.br/Dissertacoes/Felipe\\_2015.pdf](http://www.cc.faccamp.br/Dissertacoes/Felipe_2015.pdf).
- Rodrigues, F., Oliveira, C. E. A., Oliveira, O. L. (2014) “Peirce: an Algorithm for Abductive Reasoning Operating with a Quaternary Reasoning Framework” In: *Proceedings of the 13th Mexican International Conference on Artificial Intelligence*. pp. 55-68.
- Hacking, I. (2001) “An Introduction to Probability and Inductive Logic”. Cambridge: Cambridge University Press.
- Harman, G. H. (1965) “The inference to the best explanation”. *The Philosophical Review*, v. 74, n. 1, pp. 88-95.
- MacKenzie, I. S. (2013) “Human-computer Interaction: an empirical research perspective”. New York: Morgan Kaufmann.
- Magnani, L. (2009) “Abductive Cognition: the epistemological and eco-cognitive dimensions of hypothetical reasoning”. *Cognitive systems monographs*, v. 3. Berlin: Springer-Verlag.
- Romdhane, L. B. & Ayeb, B. (2011) “An Evolutionary Algorithm For Abductive Reasoning”. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, v. 23, n. 4, pp. 529-544.
- Thagard, P. R. (1978) “The Best Explanation: criteria for theory choice”. *The Journal of Philosophy*, v. 75, n. 2, pp. 76-92.
- Thagard, P. R. (1989) “Explanatory Coherence”. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 12, n. 3, pp. 435-502.

# Mapeando as principais Ferramentas de Autoria para Objetos de Aprendizagem através do uso de Mapeamento Sistemático no Google Scholar em 2015

Vinicius Tarcisio Ferreira<sup>1</sup>, Bruno Nogueira Luz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Boituva (IFSP) Boituva – SP – Brasil

<sup>2</sup>Programa de Mestrado em Ciência da Computação – Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP) Campo Limpo Paulista – SP – Brasil

{vinicius.tarcisio666; bnogueira.luz}@gmail.com

**Abstract.** *Research related to Learning Object (OA) have taken more and more space in the area of Information Technology in Education. A great challenge in using OA is its design and development process for teachers group. Reasons such as the lack of expertise in using technology and programming languages is in charge of being the biggest consequence of this factor. To that end, they are created and made available various software, called Authoring Tools, in order to create and make available these objects more easily by teachers. This work leads through the use of systematic mapping technique, a study of authoring tools that were highlighted by the authors on Google Scholar base during the year 2015, emphasizing its potential and difficulties.*

**Resumo.** *As pesquisas relacionadas com Objetos de Aprendizagem (OA) têm assumido cada vez mais espaço na área de Informática na Educação. Um dos grandes desafios na utilização de OA é seu processo de concepção e desenvolvimento pelo grupo de professores. Motivos como, a falta de expertise no uso da tecnologia e linguagens de programação se encarrega de ser a maior consequência desse fator. Com este intuito, são criados e disponibilizados diversos softwares, denominados Ferramentas de Autoria, com objetivo de criar e disponibilizar esses objetos de uma forma mais fácil pelos professores. Este trabalho conduz, através do uso da técnica de mapeamento sistemático, um estudo das ferramentas de autoria que foram destacadas pelos autores na base do Google Scholar durante o ano de 2015, enfatizando seus potenciais e dificuldades.*

## 1. Introdução

Como forma de potencializar a reestruturação de práticas pedagógicas, que incluem o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), a utilização de objetos de aprendizagem (OA) são cada vez mais explorados, inclusive em plataformas de e-learning (Audino e Nascimento, 2010).

Um dos grandes desafios dos educadores nos dias atuais é estabelecer o momento certo de se utilizar as TIC, e principalmente, definir, selecionar ou desenvolver a melhor ou mais apropriada solução para cada caso. As possibilidades são as mais diversas possíveis, sejam através de jogos educacionais, *quiz* de perguntas e respostas, vídeos e

apresentações, sistemas de educação a distância, ambientes de aprendizagem, todos utilizados como objetos de auxílio ao processo de ensino e aprendizagem. Em todas as situações, essas inovações alteram as formas e percepções tradicionais e quebram paradigmas educacionais (Tarouco, Konrath, Carvalho e Avila, 2006).

As TICs na educação ganham ainda mais espaço com o surgimento dos OA. Eles são definidos por Wiley (2000), como recursos digitais ou não-digitais que contribuem para o processo de ensino e aprendizagem. Estes objetos precisam ser pensados e desenvolvidos, preferencialmente pelos professores de cada área e estarem disponíveis e acessíveis aos alunos no momento certo de sua abordagem.

Os professores logo precisam acompanhar esta realidade e galgar o aprendizado na tecnologia, para que não fiquem a margem dos desafios da informática na educação, como a própria criação desses recursos da forma adequada aos objetivos educacionais almejados. Este é um desafio a ser superado e se mantém como um dos paradigmas deste campo (Teixeira e Araujo, 2007; Teruya e Moraes, 2009).

Utilizando a técnica de mapeamento sistemático, este trabalho faz uma análise das principais ferramentas de autoria que foram objeto de pesquisa no ano de 2015 e indexadas na base de dados do *Google Scholar*. Definido este escopo, apresenta-se, de uma forma simples e unificada, as pesquisas sobre OA realizadas e publicadas neste período, servindo como base de conhecimento para futuros trabalhos que envolvam OA para a comunidade científica.

O artigo está organizado como uma introdução sobre a pesquisa, seguido da seção dois, que aborda a técnica utilizada; na seção três apresenta a metodologia aplicada; na seção quatro são apresentados os resultados e discussão; seguidos pela conclusão e trabalhos futuros.

## **2. Revisão e Mapeamento Sistemático**

A técnica de revisão sistemática é uma das ferramentas que possibilitam uma concentração de informações sobre determinado tema em um só lugar, agrupando e consolidando, geralmente, as contribuições de uma determinada área de pesquisa em um determinado cenário e por um certo período.

Linde e Willich (2003), define revisão sistemática como uma metodologia de pesquisa que utiliza como fonte a literatura de certo tema. Esse tipo de pesquisa oferece um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. Uma forma mais simplificada de sua aplicação é denominada mapeamento sistemático, que consiste em uma revisão um pouco mais ampla nos estudos primários da revisão, como forma de identificar quais evidências estão disponíveis e as lacunas que possam permitir um direcionamento mais focado nas revisões sistemáticas futuras.

Os autores deste artigo escolheram como objetivo na pesquisa, mapear as principais ferramentas de autoria, utilizadas para o desenvolvimento de OA no atual cenário de informática na educação, utilizando como palavra chave, o próprio termo para a busca na base do *Google Scholar* no ano de 2015.

### 3. Metodologia

O início da pesquisa se deu com a definição do escopo e dimensão que seriam abordados. Os autores optaram por utilizar apenas os resultados de pesquisas sobre ferramentas de autoria indexados no *Google Scholar*, caracterizando-se assim, mais como um mapeamento sistemático que pode ser de reconhecida importância para futuros trabalhos na área.

Após a busca na base de dados selecionada, foram definidas as palavras-chave pesquisadas, a saber:

- Ferramentas de autoria;
- *Authoring tools*.

Os critérios de seleção e filtro dos resultados passou pelos seguintes critérios:

- i) O resultado deve estar na língua portuguesa ou inglesa;
- ii) O artigo deve estar disponível integralmente e de acesso livre/aberto;
- iii) O resultado deve conter no título e no resumo alguma relação com o tema deste trabalho.

Dessa forma, os resultados encontrados que fogem e não se enquadram nos três critérios acima, foram descartados e não considerados no mapeamento.

### 4. Resultado e Discussão

Os objetivos desse trabalho, além de identificar após o mapeamento, as principais ferramentas de autoria, visa também, responder as questões de pesquisa descritas abaixo:

- i) O quanto os padrões para objetos de aprendizagem são levados em consideração frente as ferramentas encontradas?
- ii) Quais as ferramentas que estão comumente sendo utilizadas pelos professores e em quais áreas?
- iii) Diante das principais ferramentas de pesquisa encontradas, é possível traçar o panorama dos seus potenciais com reflexo a solucionar as dificuldades em seu uso pelos professores?

Depois de encontrados os resultados das buscas, os mesmos foram analisados seguindo os critérios definidos na metodologia desta pesquisa.

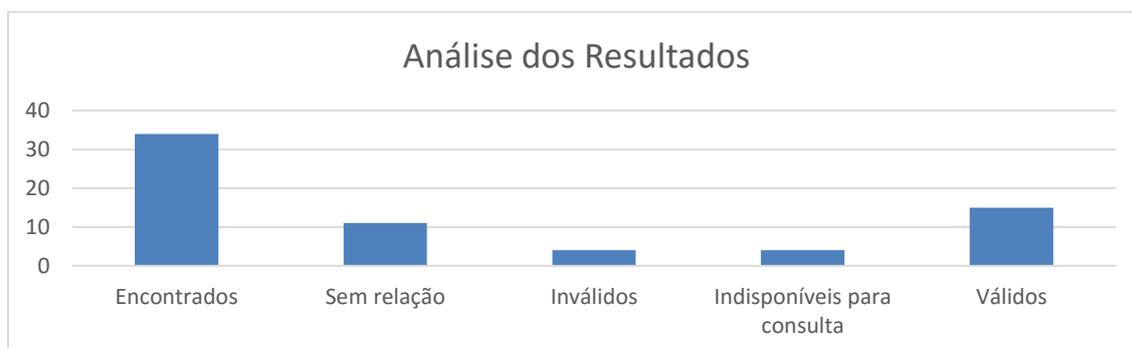


Figura 1. Gráfico representando a classificação dos resultados.

A partir dessa análise inicial, os quinze resultados válidos geraram a Tabela 1 com as ferramentas de autoria e a quantidade de vezes que cada uma foi abordada nos trabalhos.

**Tabela 1. Resultados das ferramentas citadas**

Ferramentas Citadas	QTDE de Resultados relacionados
<i>Hot Potatoes</i>	4
<i>Metaio Creator IBM / Reload Editor / Ardora</i>	2
<i>eXeLearning / SCORMisize / EDUTEK / Construct 2 / OpenCourseWare / OpenLearn / Celtx / Quandary / Clic / Jcllic / ELO / Quizlet / Bab.la / RPG4All / Scriptastic / Scratch for OpenSim / CourseLab / Xerte / Hagáquê / eASES / Lectora / AuthorWare / Flash MX / ToolBook</i>	1

Considerando esses resultados, dentre as principais ferramentas de autoria para OA, as características destacadas pelos autores foram elencadas e sistematizadas na Tabela 2.

**Tabela 2. Potencialidades em destaque**

Ferramenta de Autoria	Potencialidades
<i>Hot Potatoes</i>	Conjunto de ferramentas de autoria gratuita, direcionada ao uso educacional. Ponto forte: possibilitar a elaboração de exercícios interativos usando páginas da Web (múltipla escolha, sopa de palavras, palavras cruzadas, preenchimento de lacunas, combinação de colunas).
<i>Metaio Creator</i>	Oferece possibilidades para utilização de Realidade Aumentada, com uso ou não de marcadores e rastreamento de objetos 3D, e permite a inserção de conteúdo multimídia.
<i>Reload Editor</i>	É uma ferramenta de autoria livre, que, embora não crie a parte do HTML de um OA, ainda assim serve para colocar um objeto em HTML no padrão SCORM, criando apenas o arquivo manifesto e permitindo que o mesmo seja empacotado. É uma boa ferramenta para transformar em OA conteúdos que já estão em utilização em outros ambientes virtuais de aprendizagem, porém, ainda não são considerados OA.
<i>Ardora</i>	É uma ferramenta que permite a criação de atividades que possam dar um <i>feedback</i> para os alunos. Ele permite uma gama de atividades bem mais diversificada que outras ferramentas como o <i>Xerte</i> ou <i>Course Lab</i> . E embora seja realmente uma excelente solução para a criação de atividades lúdicas, ele não é recomendado para a criação de conteúdos textuais. Ele é recomendado como complementar ao processo de criação de um curso baseado em OA.

## 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Observa-se que, cada vez mais, as ferramentas de autoria são utilizadas parcialmente ou integralmente nos processos de desenvolvimento de conteúdos educacionais digitais, como se destaca a questão do *Ardora*, que é indicado como ferramenta de autoria complementar, isto por não ser ideal para adotar conteúdos textuais e de conceitos em suas atividades.

Da mesma forma, ferramentas como o *Reload Editor*, além da criação de OA, permite que seja realizada a conversão de conteúdos educacionais em objetos relacionados a padrões, como o SCORM, permitindo assim que simples atividades contemplem agora características dos OA, como interoperabilidade, adaptabilidade e acessibilidade.

Neste contexto, também merecem destaques as ferramentas citadas como o *Metaio* e *Hot Potatoes*, que permitem e focam seu processo na construção de atividades

lúdicas, compondo assim objetos de aprendizagem mais próximos da realidade vivida pela maioria dos alunos.

Conclui-se que, ferramentas de autoria podem e devem ser mais exploradas por professores das mais diversas áreas, servindo também como ferramentas de conversão de atividades já propostas em objetos de aprendizagem com todo o potencial que suas características garantem.

Como trabalhos futuros, pretende-se estender essa pesquisa em outras bases e com uma abrangência temporal maior, com objetivo de escolher a ferramenta de autoria mais apropriada para desenvolver um módulo inteiro do Curso Superior de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de São Paulo, Campus Boituva, mais precisamente na disciplina de Estrutura de Dados I e Estrutura de Dados II.

### Referências

- Audino, D. F., Nascimento, R. D. S. (2010) “Objetos de aprendizagem - diálogos entre conceitos e uma nova proposição aplicada à educação”. *Revista Contemporânea de Educação*, 5(10), pp. 128–148.
- Linde, K, Willich, S. N., (2003) “*How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine*” In: *J R Soc Med.*; 96 pp.17-22.
- Tarouco, L. M. R., Konrath, M. L. P., Carvalho, M. J. S., Avila, B. G. (2006) “Formação de professores para produção e uso de objetos de aprendizagem”. *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 4, pp. 1-10.
- Teixeira, N. P. C., Araujo, A. E. P. de. (2007). “Informática e educação: uma reflexão sobre novas metodologias”. *Revista Hipertextus Digital*. Vol. 1. Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Letras.
- Teruya, T. K., Moraes, R. A. (2009). “Política de Informática na Educação e a Formação de Professores”. VII Seminário Nacional de Estudos e Pesquisas – História, Educação e Transformação: Tendências e Perspectivas. UNICAMP.
- Wiley, D. A. (2000) “Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy”. In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. Retrieved MONTH DAY, YEAR, from the World Wide Web: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>.