

SIM: Uma Ferramenta de Manipulação de Dados Farmacobotânicos

Sérgio Manuel Serra da Cruz^{1,4}, Gisele Araujo², Marden Marques²,
Pedro Vieira Cruz³, André L. A. Guimarães², Ana Cláudia de Macêdo Vieira²

¹ Núcleo de Computação Eletrônica – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Caixa Postal 2324 – 20.010-974 – Rio de Janeiro – RJ – Brazil

² Laboratório de Farmacobotânica - Faculdade de Farmácia
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Bloco A – Sala 22 - 21.941-902– Rio de Janeiro – RJ – Brazil

³ CTUR- Colégio Técnico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
BR-465 – Km 8 – 23.890-000 - Seropédica - RJ - Brazil

⁴ Universidade Estácio de Sá
Estrada do Mendanha, 555 – 23.087-280 – Rio de Janeiro – RJ – Brazil

serra@nce.ufrj.br, vieira@ufrj.br

Abstract. *The ability to represent pharmacobotanical data is of great importance when registering data about medicinal plants. This paper describes our experience with SIM system, an ontology-driven system that empowers pharmacobotanical researches by capturing knowledge necessary to register pharmacobotanical data using semantic descriptions. We depict architecture for automating the semantic annotation of botanical images based on ontological concepts. The approach is illustrated a case study on annotating data sources containing representations of Brazilian medicinal plants of restinga at the state of Rio de Janeiro.*

Resumo. *A capacidade de representar os dados farmacobotânicos é de grande importância para estudo das plantas medicinais. Este artigo descreve nossa experiência com o sistema SIM, um sistema que utiliza ontologias para registrar e recuperar conhecimentos necessários para registrar os dados farmacobotânicos usando descrições semânticas. Este trabalho descreve uma arquitetura para automatizar a anotação de imagens botânicas baseadas em conceitos ontológicos. A abordagem é ilustrada por um estudo de caso sobre dados contendo representações de plantas medicinais brasileiras de restingas do estado do Rio de Janeiro.*

1. Introdução

Muitos residentes em regiões tropicais dependem do uso de plantas medicinais por conta de sua eficácia, devido à preferências culturais ou dificuldade de acesso a especialidades médicas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2009), países em desenvolvimento têm uma grande proporção da população que recorre à

prática tradicional de saúde (PTS), sobretudo no que concerne ao uso das plantas medicinais. Na África, 80% da população faz uso de PTS para tratamento de moléstias. Na Ásia e na América Latina, as populações utilizam PTS como resultado de circunstâncias históricas e crenças culturais. No Brasil, estima-se que cerca de 50% dos tratamentos de saúde envolvam PTS. No entanto, menos de 10% das espécies de Angiospermas do mundo tiveram suas propriedades farmacológicas estudadas e seus mecanismos elucidados. Além disso, há poucos dados relativos à distribuição de plantas medicinais em diferentes *habitats* e os consequentes efeitos de atividades antrópicas predatórias como extrativismo de madeira ou desmatamento para abertura de áreas para agricultura e pecuária.

O estudo de plantas medicinais e produtos naturais precisa lidar com os mesmos problemas da heterogeneidade semântica comuns em diversas áreas da computação (Sheth, 1999). Os problemas de heterogeneidade semântica nos registros farmacobotânicos são exacerbados porque são utilizados grandes volumes de dados semi-estruturados, devido à grande diversidade de origem e métodos de obtenção. Desde simples anotações em cadernos de campo realizadas pelos pesquisadores, a formulários de entrevistas, documentação fotográfica analógica, até os métodos mais modernos de registro de dados com dispositivos de computação móvel, fotografia digital, imagens de satélite e sensores; a complexidade deste tipo de investigação e graças a novas possibilidades de realização de experimentos vem sendo largamente aumentadas.

Com a tendência à ampliação de integração entre diferentes equipes de investigação e o perfil cada vez mais trans-disciplinar do setor, o processo de pesquisa deve tornar-se auto-documentado (Keet, 2005). Cada vez mais as anotações pesquisa em Farmacobotânica tornam-se ricas, complexas e detalhadas, devido ao incremento de novas técnicas e métodos de investigação. Assim, os descritores (metadados) gerados por ferramentas distintas usadas em um projeto de pesquisa botânica deverão ser integrados para fornecer um quadro completo da investigação científica. Os aspectos semânticos da integração de informações chamam já a atenção da comunidade científica de Computação; dicionário, taxonomias e ontologias são artefatos valiosos para a integração de bases de dados (Gruber *et al.*, 1993). Eles registram a semântica da informação e podem ser usados para recuperar, anotar ou armazenar os metadados relacionados ao estudo das plantas medicinais.

Embora os dados produzidos por pesquisas em diferentes especialidades sejam de grande relevância, as imagens geradas para documentação das plantas em campo e em laboratório constituem elemento essencial para sua caracterização. As imagens são instrumentos para capturar diversos aspectos do mundo real, elas formam uma parte vital do registro botânico para os quais as palavras não são substitutos. No entanto, um conjunto adequado de imagens pode ainda ser usado para ajudar a identificar novos produtos naturais provenientes de plantas medicinais que podem ainda ser utilizados para o desenvolvimento de novas formulações, reduzindo a dependência de laboratórios farmacêuticos multinacionais ou ainda ampliar as pesquisas visando a cura das chamadas doenças tropicais negligenciadas, que afetam populações mais pobres que vivem em áreas remotas e rurais ou favelas urbanas na América Latina e África (Hotez, 2008). O caráter multidisciplinar das pesquisas e do ensino relacionados a plantas medicinais reforçam a necessidade da ciência atender as reais demandas da sociedade (Di Stasi, 1996).

O Brasil possui diferentes biomas que se apresentam como potenciais alvos de estudos em plantas medicinais, tais como a Amazônia (Vieira, 1992) ou a Mata Atlântica (Pavan-Fruehauf, 2000). O presente trabalho se volta sobretudo para os ambientes de restingas do Rio de Janeiro, cuja diversidade de espécies botânicas é alvo da utilização por comunidades com diferentes enfoques (Fonseca-Kruel *et al.*, 2006; Santos *et al.* 2009). Diversas espécies nativas de restingas são utilizadas com fins alimentícios e ornamentais mas, sobretudo aquelas com uso em PTS vem sendo alvo de estudos farmacobotânicos e farmacognósticos. Este trabalho, apresenta uma ferramenta computacional do tipo LMS (*Learning Management System*) baseado na arquitetura SIM, seu objetivo é melhorar o ensino e a aprendizagem em sala de aula contemplando as atividades relacionadas à pesquisa em Farmacobotânica. Por se tratar de um assunto pouco explorado pela Computação, a seção 2 descreve a o que são estudos em Farmacobotânica e trabalhos relacionados. Na Seção 3 será descrita a arquitetura SIM. Na Seção 4 apresentamos uma avaliação inicial do sistema. Finalmente, a Seção 5 conclui o trabalho.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta alguns importantes conceitos relacionados ao desenvolvimento da arquitetura.

2.1. A importância da Farmacobotânica no Brasil

A Farmacobotânica é um ramo das Ciências Farmacêuticas em que o principal objetivo é a identificação das espécies vegetais, através da utilização de ferramentas complexas, como a sistemática, organografia, anatomia, histoquímica e microquímica. A correta identificação da planta de uso medicinal constitui o cerne de qualquer trabalho derivado pois, sem a matéria-prima adequada, falsificações, adulterações e substituições comprometerão o uso das plantas, tanto nas comunidades tradicionais quanto na indústria de fitoterápicos e fitocosméticos. (Saad *et al.*, 2009). Além disso, os campos do conhecimento se ampliam, envolvendo ainda as interações ecológicas das espécies vegetais e a necessidade de sua preservação como garantia de manutenção da diversidade genética e química dos recursos naturais (Opletal, 1994). Desse modo, o adequado ensino aos profissionais envolvidos no trabalho com plantas medicinais torna-se de fundamental relevância para garantia de qualidade para a população não só de matérias-primas mas, também de produtos acabados.

Infelizmente, os métodos de ensino empregados nessa área são tradicionais e, com isso acabam por restringir o acesso dos estudantes a grandes volumes de informação atualizadas. Grande parte do estudo se limita a consulta a obras de referências clássicas que muitas vezes trazem contato com plantas estrangeiras, parte de farmacopéias de outros países, ficando a rica flora nativa relegada a segundo plano. Por outro lado, a obtenção de informações sobre a anatomia das espécies medicinais segue metodologias elaboradas que nem sempre são contempladas nos cursos de formação básica e, em muitos casos, a troca de informações sobre novas espécies em estudo acaba sendo restrita a grupos de pesquisa especializados. Para romper esse paradigma, sistemas do tipo LMS apontam para um caminho viável para engajar os pesquisadores, professores e alunos no ensino de produtos naturais, melhorando o processo de interação entre as partes (Weitl *et al.*, 2002).

Os benefícios para pesquisadores e professores de Farmacobotânica de sistemas do tipo LMS são: (i) auxílio, planejamento e gerência de eventos de aprendizagem, (ii) oferecer melhores condições para a composição e reutilização de materiais de aprendizagem para diferentes fins, (iii) reforçar a colaboração *online* entre alunos, compartilhando as anotações a baixos custos sem a necessidade de reproduzir (inúmeras vezes) experimentos de bancada, (iv) possibilidade de integração com outras aplicações científicas, como Entrez Utilitários (Entrez, 2010) do NCBI e ainda, (v) permitir a utilização de imagens aéreas do ambiente de ocorrência das espécies ou mesmo do *habitat* dessas plantas.

2.2. Sistemas de Aprendizado e os Dados Farmacobotânicos

Os sistemas do tipo LMS tornaram-se abordagem amplamente aceita para e-Learning nas universidades, dando apoio às atividades de ensino e aprendizagem virtuais (Devedži, 2003). Mesmo assim, apesar dessas características, os sistemas atuais não contemplam todas as necessidades para ensino de Farmacobotânica. A reduzida interoperabilidade entre os sistemas atuais e baixa capacidade de integrar a grande quantidade de dados heterogêneos relacionados, dificultam seu uso nessa área. O gerenciamento de anotações para imagens botânicas, tanto das externas quanto das internas, *i.e.* dos órgãos vegetais, são de vital importância. No entanto, o valor das imagens depende de como elas podem ser facilmente localizadas, buscadas por relevância ou recuperadas, uma vez que, geralmente, a imagem *per se* não é auto-descritiva.

Os problemas relacionados com a recuperação de informação em grandes repositórios de imagens de acordo com seu conteúdo tem sido objeto de uma quantidade significativa de pesquisa na última década (Carneiro *et al.*, 2007). Dentre as abordagens utilizadas destacamos o uso de: palavras-chave, vocabulários controlados, classificações e descrições de texto livre. Infelizmente, elas também apresentam questões em aberto, como a ausência de fornecimento das relações entre os termos. Assim, a fim de evitar esses problemas, decidimos usar a abordagem ontológica, propomos um modelo simples ontológico dos conceitos envolvidos em Botânica e Farmácia.

2.3. Plant Ontology

Enraizada na Filosofia, ontologia é o estudo da existência, tendo suas origens com Aristóteles. Ontologias implicam ou encarnam um ponto singular de vista de um determinado domínio, que deve ser partilhada por um grupo de indivíduos. Ontologias podem ser explícitas ou implícitas, formais ou informais. No entanto, devem ser explícitas e formais, para ser representadas e processadas por computadores (Gómez-Pérez *et al.*, 2002). Atualmente não existem ontologias que se adequam aos dados farmacobotânicos. Assim, com o objetivo de preencher essa lacuna e para apoiar a partilha de conhecimentos através do nosso sistema, sem perder a interoperabilidade, optamos por estender a Plant Ontology (PO) originalmente concebido pelo Plant Ontology Consortium (POC, 2010). PO é uma ontologia, desenvolvida pela comunidade científica de Biologia Vegetal com o objetivo de facilitar estudo algumas características estruturais e de genoma e proteômica das plantas (Avraham *et al.*, 2008). PO permite que os usuários utilizem atributos relacionados estrutura das plantas (anatomia e morfologia), estágios de desenvolvimento e outros tipos de descritores. Entretanto, a PO não é uma extensa coleção de termos botânicos, mas sim uma complexa estrutura

hierárquica em que raros conceitos farmacobotânicos são descritos. Daí a necessidade de estendê-la para a área de Farmacobotânica.

3. SIM: Uma Ferramenta para o Ensino de Farmacobotânica

Nesta seção é apresentada a arquitetura da ferramenta SIM que foi concebida para realizar buscas semânticas no banco de imagens. A arquitetura é representada por quatro camadas principais (Figura 1). Os principais objetivos do sistema são apoiar o ciclo ensino-pesquisa na área de Farmacobotânica e melhorar o registro de conhecimentos não-estruturados produzidos neste âmbito onde ontologias podem ser associadas como mecanismos de busca.

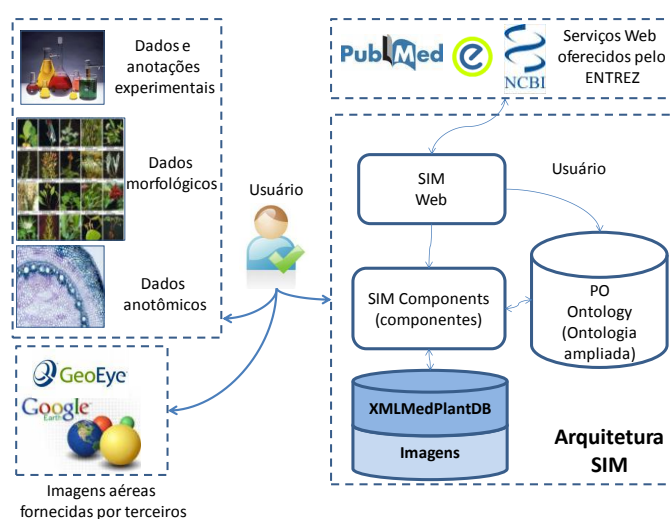


Figura 1. Visão geral da arquitetura SIM.

A ferramenta SIM foi projetada com claros objetivos educacionais em mente, a saber: preservar e partilhar conhecimentos sobre plantas medicinais; apoiar estudantes e professores na gestão das atividades pesquisa e aprendizado em farmacobotânica; ser adaptável às necessidades de cada aluno, uma vez que não há dois alunos têm as mesmas habilidades, aptidões e motivações.

O sistema foi inicialmente desenvolvido para o Laboratório de Farmacobotânica da Faculdade de Farmácia da UFRJ. O Laboratório desenvolve pesquisas com espécies vegetais das restingas de Barra de Maricá e Itaipuaçu, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. A restinga é constituída por um mosaico de fisionomias de vegetação, com zonas de formações de moitas, brejos, entre outras, distribuídas nos cordões arenosos (Araújo e Henriques, 1984). Muitas das espécies de restinga vem sendo alvo de estudos farmacobotânicos, fitoquímicos e farmacológicos, o que ressalta ainda mais a importância desses ecossistemas. É necessário destacar que o sistema pode ser utilizado em diferentes tipos de ambientes, uma vez que os conceitos gerais e características botânicas ainda são válidas para os diversos biomas. Os dados, anotações e demais detalhes morfológicos e imagens de cortes anatômicos de plantas medicinais utilizados neste estudo são geradas como parte da metodologia de ensino no curso de Farmacobotânica ministrado pela unidade.

3.1. SIM: Visão geral e funcionalidades

SIM é um dos primeiros sistemas que podem ser chamados de LMS na área de farmacobotânica. Ele combina as idéias por trás da Web Semântica e Serviços Web aplicadas a educação. SIM é uma ferramenta Web open-source, codificada em Java, sendo desenvolvido como uma arquitetura distribuída baseada em um conjunto de serviços Web (Wroe *et al.*, 2003) que podem auxiliar professores e alunos na aquisição de novas habilidades, como o pensamento crítico, resolução de problemas empregando técnicas de pesquisa e também compartilhamento materiais educativos tais como imagens, anotações e dados farmacobotânicos.

Dentre as principais funcionalidades da arquitetura, destacamos: a possibilidade de registrar imagens e anotações; navegar na ontologia para recuperar imagens semanticamente relacionadas; recuperar imagens de acordo com conceitos (anatômicos da planta) representados através da ontologia ou ainda, recuperar imagens associadas a sua localização geográfica. Todas as imagens e espécimes vegetais coletados são georreferenciadas (eles foram associadas com a longitude, latitude e altitude as coordenadas que definem com precisão a localização da região na superfície da Terra). Deve-se ressaltar que os limites georreferenciados podem ser difíceis de obter, na prática, devido à falta de bases de dados de confiança (Robbins, 2003). Coordenadas de GPS são utilizadas na geração das imagens externas, logo elas também podem ser usadas em associação com imagens de satélites como o por exemplo, o GoogleEarth, o GeoEye entre outros. Tal abordagem oferece aos usuários uma visão abrangente aérea de um ambiente com baixo custo.

3.2. A Arquitetura SIM

Nesta seção, será apresentada a arquitetura do sistema SIM. A arquitetura é composta por quatro camadas principais (Figura 1):

(i) *SIMWeb* é um *front-end* é responsável por coletar as anotações definidas pelo usuário e também pela consulta e navegação através do repositório de imagens. Dependendo do perfil do usuário selecionado, ele também pode ser usado por professores para administrar e gerir todo o sistema ou por alunos que podem registrar ou recuperar imagens e anotações usando consultas pré-definidas em SPARQL. Além disso, ele também oferece acesso integrado ao bancos de dados do Entrez. O acesso é habilitado pelo NCBI Entrez Utilities Web Service através da troca de mensagens SOAP (Entrez, 2010). Por exemplo, se um usuário pesquisar pelo princípio ativo “triterpeno”, a consulta irá utilizar não só o nosso banco de dados local, mas também devolver todos os registros disponíveis no Entrez.

(ii) *SIMComponents*, fornece a funcionalidade necessária para realizar a anotação de conteúdo. Esta camada compreende módulos que são executado em um servidor Tomcat-Apache, que habilita anotações (anotar é o processo de adição de conteúdo baseada em conceitos descritivos presentes na ontologia PO). Em uma primeira etapa, os conceitos da PO podem ser relacionados com as novas imagens ou pré-existentes. Caso o conceito seja encontrado, o termo de anotação é adicionado como uma marca simples. Numa segunda etapa, os detalhes para este conceito podem ser exibidos e a anotação pode ser refinada pelos usuários. Por exemplo, o conceito “triterpeno” foi digitado. Pode-se escolher o botão "detalhes" para investigar como esse conceito está

relacionado a outros aspectos da ontologia PO, por exemplo “Erva-baleeira” que é uma espécie vegetal que contém essa classe de “princípio ativo”. Clicando em “refinar” se abre a opção para especificar diretamente da natureza do conceito de “princípio ativo”- neste caso pode-se optar por especificar um “princípio ativo” como tendo efeito anti-inflamatório. Os serviços também permitem buscas mais precisas de imagens do que as baseadas em palavras-chave. Por exemplo, em sistemas baseados em palavras-chave, a busca de uma planta conhecida como “murici”, cujo nome científico é “*Byrsonima sericea*”, seria retirar todas as imagens de algum modo marcado com “murici”, mas não as únicas que pertencem à família “Malpighiaceae” ou ao gênero “*Byrsonima*” ao qual pertencem os muricis. No entanto, uma ontologia subjacente pode capturar o fato de que “*Byrsonima sericea*” é espécie de “Malpighiaceae”, que pode ter vários “princípios ativos” em comum para as plantas de uma mesma família, como “*Byrsonima intermedia*”. Assim, através do uso da ontologia PO estendida, nossa ferramenta de recuperação pode explorar as relações entre os conceitos e selecionar somente as fotos de “Malpighiaceae” ou “*Byrsonima sericea*”.

(iii) *SIMStorage* - Esta camada é composta basicamente de duas bases de dados: farmacobotânicos e de imagens. A camada oferece persistência de dados do sistema. A arquitetura SIM não só armazena a ontologia, as imagens e as suas anotações, como também registra as coordenadas geográficas (latitude, longitude, altitude) das amostras coletadas em campo. Ele também pode registrar dados de distribuição de plantas, períodos de floração e frutificação e também dados do coletor. Assim, estudantes e pesquisadores são capazes de recuperar, durante as suas buscas não só a descrição disponível de plantas medicinais, sua posição geográfica e os pontos de visão aérea dos serviços GoogleEarth (GoogleEarth, 2010) ou GeoEye (GeoEye,2010), como também observações já realizadas por outros pesquisadores. O banco de dados de imagem possui dados coletados desde Janeiro de 2000 até os dias de hoje. Devido à limitação de espaço não iremos descrever as características e modelagens das bases de dados, denominada XMLMedPlantDB, anteriormente descrita por Vieira e Cruz (2009).

(iv) *Plant Ontology Ampliada* - O aspecto educativo da PO é de certa forma limitado, o que é imposto pela estrutura da ontologia em si. Assim, a fim de enriquecer os conceitos da PO e aumentar a capacidade de consultas no SIM, Plant Ontology foi ampliado para abranger a Taxonomia Linnaeus (ADW, 2010) (Legendre e Legendre, 1998). Também foram incluídos conceitos farmacobotânicos para descrever as estruturas morfológicas e anatômicas e fitoterápicas, a maioria deles são exclusivos para plantas medicinais. Para expandir PO, foi aplicada a abordagem de Kauppinen *et al.* (2008) onde as técnicas de mineração de regras de associação foram aplicadas para encontrar e classificar as relações com base no registro de anotações farmacobotânicas. PO foi implementada em OWL Lite no Protégé-2000 e representado como um RDF. O processo de validação da PO estendida deu-se em duas etapas: uma avaliação estrutural com OntoClean (Guarino e Welty, 2002) e outra sistemática, através de entrevistas com especialistas de domínio. O objetivo dessas entrevistas era ambiciosa: trazer para o sistema as informações obtidas dos pesquisadores sobre suas principais necessidades. As entrevistas seguiram as diretrizes estabelecidas pelo Storr (1967).

4. SIM: Uma avaliação Inicial

O protótipo da ferramenta foi testado durante três semestres completos por estudantes de graduação e pós-graduação, desde Julho de 2008 a dezembro de 2009. A cada semestre, os alunos foram divididos em quatro equipes de trabalho e cada equipe foi composta por quatro membros, três estudantes de graduação e um estudante de pós-graduação. Foram realizadas quatro sessões de avaliação, duas horas cada uma, por semestre. Dois grupos usaram SIM e os outros dois, agindo como um grupo controle não utilizaram. Todos os grupos realizaram buscas de complexidade semelhantes usando como objeto de estudo as espécies de plantas medicinais de restingas do estado do Rio de Janeiro. Cada grupo utilizou computadores dual core com Ubuntu como sistema operacional e 2GB de memória RAM.

Uma primeira avaliação do SIM, como um aplicação de um software educacional, se deu através dos seguintes quesitos: (i) *Qualidade do design da interface do usuário* - A investigação mostrou que o aspecto da apresentação gráfica não afeta os usuários no que tange a percepção dos alunos sobre a pesquisa que estão realizando, (ii) *Engajamento* - a forma de inserir e recuperar anotações muito contribuiu para a motivação dos alunos para trabalhar com a ferramenta, (iii) *Adaptabilidade* - o software permitiu que os usuários o configurem, mudando-o para atender suas necessidades individuais, contribuindo para a qualidade da experiência educativa, (iv) *Robustez* - o sistema registra todos os dados em um servidor de banco de dados, tal abordagem evitar perdas de dados na camada cliente, (v) *Facilidade de uso* - algumas deficiências foram observadas quando os usuários navegavam sobre os conceitos de PO; (vi) *Adequação ao contexto educacional* - nossa investigação inicial mostrou que os objetivos educacionais foram alcançados com menor esforço por parte dos grupos que utilizaram SIM, ou seja, ao comparar as equipes, notamos que os grupos que utilizavam o sistema finalizavam suas atividades de duas a quatro vezes mais rápido que o segundo. Além disso, as anotações em formato digital podem ser facilmente compartilhadas quando comparado com o modo tradicional de representar anotações. De um modo geral, o SIM foi bem avaliado pelos próprios usuários. Acumulamos dados sobre as sessões de pesquisa (questionários escritos e entrevistas abertas), além de vários relatórios internos produzidos pelos alunos comparando as atividades desenvolvidas com e sem o uso do SIM.

Uma grande vantagem do SIM quando comparado com um sistema tradicional está relacionada com a capacidade de busca baseada em conceitos. Este tipo de interação permite aos estudantes consultar e manipular informações de forma intuitiva, sem ter de construir consultas logicamente sofisticadas ou sintaticamente complexas na linguagem SQL ou SPARQL, que exigem conhecimento especializado sobre linguagens e sobre o modelo de dados relacionado. Além disso, o sistema permite a pesquisa de conceitos específicos, por exemplo, uma busca por “triterpeno” + “princípio ativo” ou “triterpeno” + “drogas” vai gerar resultados, mesmo sendo duas lexicalizações diferentes para um mesmo conceito.

5. Conclusão

A principal vantagem das PTS nos países em desenvolvimento é o custo relativamente baixo quando comparado com os medicamentos sintéticos. Mas, por outro lado, exigem

mais investigações farmacobotânicas. Este artigo apresenta uma ferramenta de manipulação de dados semânticos relacionados a plantas medicinais, ela pode ser utilizadas tanto por pesquisadores quanto por estudantes para realizar buscas baseadas em conceitos ao invés de buscas por palavra-chave. Construção de ontologias para grandes domínios, como a Botânica é um assunto complexo que demanda muito tempo e também diversos especialistas. Para contornar esta fator limitante, optou-se por ampliar a Plant Ontology para suportar anotações farmacobotânicas. A arquitetura SIM usa essa extensão, permitindo que os alunos criem compartilhem anotações e recuperem imagens semanticamente relacionadas.

As contribuições deste trabalho são três: (i) tentativa de reduzir o número de experimentos científicos repetitivos e, conseqüentemente, produção desnecessária de resíduos de produtos químicos perigosos; (ii) auxiliar professores a planejar e gerenciar eventos de aprendizagem que ocorrem fora da sala de aula tradicional, e; (iii) avaliar a viabilidade da construção de um repositório de imagens semânticamente relacionadas. Apesar da ferramenta ainda se encontrar em estágios iniciais, foi observada a melhoria da satisfação dos alunos ao estudar a grande área. Em um futuro próximo, realizaremos análises quantitativas para avaliar o SIM.

6. Agradecimentos

Agradecemos aos alunos Fabio Ferreira Esteves, Luis Gaspar da Silva, Priscilla Montezano Bomfim, Rebeca Costa Rocha Coe, Rodrigo Gonçalves de Andrade, Thatiane Ribeiro da Camara, Thiago Fabricio da Silva, Vanessa Ramos Gouvea, Wellington Lauer mann Oliveira, da Universidade Estácio de Sá, Campus Campo Grande – RJ, por terem auxiliado nas fases de desenvolvimento e de testes da ferramenta.

Referências

- ADW - Animal Diversity Web (2010) <http://animaldiversity.ummz.umich.edu>. Último acesso: 10/05/2010.
- Araújo, D. S. D.; Henriques, R. P. B. (1984) “Análise florística das restingas do Rio de Janeiro”. In: Lacerda, L. D. et al. (Coord.). Restingas: origem, estrutura, processos. Universidade Federal Fluminense. 1ª edição. Niterói. p. 159-193.
- Avraham et al. (2008) “The Plant Ontology Database: a community resource for plant structure and developmental stages controlled vocabulary and annotations” *Nucleic Acids Research*, Vol. 36. p. 123-147.
- Carneiro, G., Chan, B., Moreno, P. J., Vasconcelos, N. (2007) “Supervised Learning of Semantic Classes for Image Annotation and Retrieval”, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, Vol. 29, No. 3, p. 394 -410.
- Devedži, V. (2003) “Key Issues in Next-Generation Web-Based Education”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews*, Vol. 33, No. 3, p. 339-349.
- Di Stasi, L. C. (1996) “A multidimensionalidade das pesquisas com plantas medicinais”. In: Di Stasi, L.C. (Org). *Plantas medicinais: Arte e ciência - Um guia de estudo interdisciplinar*. Editora UNESP. 1ª edição. São Paulo. p. 29-35.
- ENTREZ Programming Utilities (2010). Disponível em: <http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/>. Último acesso: 10/05/2010.
- Fonseca-Kruel, V.S., Peixoto, A.L. (2004) “Etnobotânica na reserva extrativista marinha de Arraial do Cabo, Brasil”. *Acta Botanica Brasilica*. Vol. 18, No 1, p. 177 - 190.

- GeoEye (2010) <http://www.geoeye.com/CorpSite/>. Último acesso: 20/04/2010.
- Gómez-Pérez, A.; Corcho, O. (2002) "Ontology Languages for the Semantic Web". IEEE Intelligent Systems, Vol.17, No. 1, p.54-60.
- Google Earth (2010) <http://earth.google.com/>. Último acesso: 03/01/2010.
- Guarino N., Welty, C. (2002) "Evaluating ontological decisions with OntoClean" Commun. ACM, vol. 45, p. 61-65.
- Gruber, T R., (1995) "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing". In International Journal of Human-Computer Studies. Vol. 43, Issue 5-6, p. 907-928.
- Hotez, P. T. (2008) "The Giant Anteater in the Room: Brazil's Neglected Tropical Diseases Problem", PLoS Negl Trop Dis. Vol. 2, No. 1, e177.
- Kauppinen, T., Kuittinen, H., Seppälä, K., Tuominen, J., Hyvönen, E. (2008) "Extending an Ontology by Analyzing Annotation Co-occurrences in a Semantic Cultural Heritage Portal". In: ASWC 2008 Workshop on Collective Intelligence.
- Keet, C. M., (2005) "Factors affecting ontology development in ecology". In: 2nd International Workshop on Data Integration in the Life Sciences, San Diego. USA. p.46-62.
- Legendre, P., Legendre L., (1998) "Numerical ecology". Elsevier Science. 2nd edition BV, Amsterdam.
- Opletal, L. (1994) "The basis and goals of the pharmacy profession-pharmacobotany and its contribution to the development of drugs". Ceska Slov Farm. Vol. 43, No. 6, Nov, pp. 271-274.
- Pavan-Fruehauf, S. (2000) "Plantas medicinais da mata atlântica - Manejo sustentado e Amostragem". Annablume: Fapesp. 1^a edição. São Paulo.
- POC (2010) – Plaant Ontology Consortium <http://www.plantontology.org/index.html> Último acesso: 20/04/2010.
- Robbins, P. (2003) "Beyond Ground Truth: GIS and the Environmental Knowledge of Herders, Professional Foresters, and Other Traditional Communities". Human Ecology, Vol. 31, No. 2, p. 233-253.
- Saad, G.A.; Léda, P.H.O.; Sá, I.M. e Seixlack, A.C.C. (2009). "Fitoterapia contemporânea – tradição e ciência na prática clínica". Elsevier.1^a edição. Rio de Janeiro.
- Santos, M.G.; Fevereiro, P.C.A.; Reis, G.L.; Barcelos, J.I. e Ney, F.M.M.A. (2009). "Plantas da restinga - Potencial econômico". Technical Books Editora. 1^a edição. Rio de Janeiro.
- Sheth, A., (1999) "Changing Focus on Interoperability in Information Systems: from System, Syntax, structure to Semantics". In: Interoperating Geographic Information Systems, C. Kottman, Ed. Norwell, MA: Kluwer Academic, pp. 5-29.
- Storr, D. H., (1967) "The Systematic Interview Guides". London: University of London Press.
- Weitl, F., Süß, C., Kammerl, R., Freitag, B., (2002) "Presenting Complex e-Learning Content on the Web: A Didactical Reference Model", In Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education, Montreal, Canada, pp. 1018-1025.
- WHO (2009). "Monographs on selected medicinal plants". Vol. 1.
- Wroe, C., Stevens, R., Goble, C., Roberts, A., Greenwood, M (2003) "A Suite of DAML+OIL Ontologies to Describe Bioinformatics Web Services and Data". The International Journal of Cooperative Information Systems 12 p. 597-624.
- Vieira, A.C.M, Cruz, S.M.S (2009) "Semantic Annotations and Retrieval of Pharmacobotanical Data". In: CSEDU'09, pp.333-338.
- Vieira, L.S. (1992). "Fitoterapia da Amazônia - Manual de plantas medicinais". Editora Agronômica Ceres. 1a edição. São Paulo.