

## ***Servatis* – sistema de apoio à actividade arqueológica**

**Natália Botica**

Unidade de Arqueologia da Universidade do Minho, Braga, Portugal  
nb@uaum.uminho.pt

**Maribel Yasmina Santos**

Departamento de Sistemas de Informação da Universidade do Minho, Guimarães, Portugal  
maribel@dsi.uminho.pt

**Francisco Sande Lemos**

Unidade de Arqueologia da Universidade do Minho, Braga, Portugal  
lemos@uaum.uminho.pt

### **Resumo**

O Património arqueológico é um instrumento de estudo histórico e científico que constitui uma fonte de memória colectiva. Fazer perdurar no tempo essa memória é a missão dos arqueólogos. A pressão urbanística dos nossos dias impõe aos responsáveis pela preservação do Património um rápido acesso à informação sobre o Património arqueológico existente e potencial.

O sistema *servatis*<sup>1</sup> pretende apoiar os utilizadores da área de arqueologia na gestão da informação, nas actividades de prospecção arqueológica, de ensino e na divulgação. Será também uma interface com utilizadores de outras áreas, nomeadamente da gestão territorial e da indústria e serviços associados ao Património.

Assente numa arquitectura cliente-servidor, o sistema *servatis* dará acesso a um conjunto de dados e modelos, que o utilizador irá seleccionar de acordo com os objectivos do trabalho a realizar. Este sistema, cuja implementação não está completamente concluída, conta desde logo com alguns módulos que já estão desenvolvidos e que farão parte integrante do sistema, nomeadamente o modelo *servator*<sup>2</sup>, um modelo preditivo de apoio à prospecção arqueológica. Este modelo identifica áreas onde é provável a existência de Património arqueológico, ainda desconhecido, usando os princípios da Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados e aplicando aos dados algoritmos de *Data Mining*.

Neste artigo descreve-se a arquitectura e implementação do sistema *servatis*, exemplificando-se ainda a sua utilização para apoiar a localização de Património arqueológico.

**Palavras-chave:** descoberta de conhecimento em bases de dados, data mining, construção de conhecimento arqueológico.

## **1. INTRODUÇÃO**

A Arqueologia é uma ciência que estuda o passado e que permite reconstruir a memória colectiva. Gerindo os dados relativos ao Património, nomeadamente com a possibilidade de produzir mapas, a partir de modelos preditivos, com delimitação de áreas de provável existência de sítios arqueológicos, a Arqueologia passou a ter um papel cada vez mais importante no processo de planeamento e gestão territorial, à escala municipal e nacional. Assim, o saber arqueológico tem como utentes não só a comunidade académica, mas também os responsáveis por áreas governamentais, da Indústria e Serviços [Lemos 1991].

---

<sup>1</sup> O termo *servatis*, foi extraído da frase latina *servatis servandis*, que significa “conservando-se o que deve ser conservado”.

<sup>2</sup> A palavra latina *servator* significa servo, guarda, que assegura a salvação ou conservação.

O sistema *servatis*, apresentado neste trabalho, foi concebido para apoiar a comunidade académica na gestão e investigação arqueológica mas, também, para facultar indicadores sobre o Património, à comunidade em geral. O Património assume um papel transversal porque constitui um legado que perpetua no tempo a cultura material e as relações sociais que estabelecem a ponte entre gerações passadas e futuras [Ballart 1997].

Este artigo está estruturado em 5 secções. Na primeira faz-se uma introdução ao sistema e às motivações que estiveram na base da sua criação. O enquadramento do *servatis* é realizado na segunda secção. Na terceira descreve-se a arquitectura do sistema. Na quarta traçam-se as linhas mestras para a implementação do *servatis* e a quinta, e última secção, é dedicada às conclusões e orientações a considerar em futuros trabalhos.

## 2. ENQUADRAMENTO

A Arqueologia trabalha com muitos e diversos dados. As várias fases do processo arqueológico, prospecção, escavação e interpretação, produzem um numeroso e variado leque de informação que é necessário armazenar, tratar e divulgar.

As Tecnologias da Informação (TI) têm sido um valioso contributo para gerir este crescente conjunto de informação. São muitos os exemplos de aplicações informáticas que, durante o processo de escavação, apoiam o registo, tratamento e armazenamento dos dados. Destacam-se, também, os sistemas de apoio à decisão, nomeadamente através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) [Leusen 2002], do levantamento automatizado e representação virtual dos sítios arqueológicos [Allen *et al.* 2004] ou de análise dos dados, recorrendo à reconstituição virtual [Vote 2001]. Não obstante este grande investimento em TI, as aplicações desenvolvidas estão muito dispersas, constituindo módulos estanques e de acesso muito restrito.

O sistema *servatis* tem como finalidade disponibilizar, de uma forma integrada, vários módulos de armazenamento, gestão e visualização de informação, apoiando todas as fases do processo arqueológico, particularmente a gestão e a divulgação dos dados. De facto, ao definir a finalidade do *servatis*, valorizou-se a componente de divulgação de informação e de integração dos vários módulos.

A informação arqueológica é necessária, não só para as diversas tarefas e actividades no âmbito da Arqueologia, mas também nas actividades de Organizações que com ela se relacionam. Por exemplo, a informação de sítios arqueológicos, que serve de base à investigação arqueológica é também usada nas Cartas Patrimoniais, nos Planos Directores Municipais (PDM), Modelos Virtuais de sítios, Roteiros Culturais ou ainda na identificação de modelos preditivos de Património Arqueológico.

O *servatis* dará acesso à informação arqueológica a investigadores da área da Arqueologia, e também a Organismos que trabalham com dados de Património Arqueológico, ou ainda, para o público em geral. A elaboração de PDM, de Planos de Ordenamento e Gestão Territorial ou de bolsas de informação para a emergente Indústria do Património, são actividades que precisam de dados da Arqueologia, para as quais o *servatis* pode constituir um válido interlocutor.

Potenciar a identificação de padrões nos dados, usando os princípios associados à Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados (DCBD), foi também uma finalidade definida. Contendo o *servatis* um repositório de dados arqueológicos é, desde logo, um elemento facilitador da descoberta de conhecimento, no âmbito da Arqueologia, de que é exemplo o modelo *servator*.

Assume-se como pressuposto que a arquitectura do sistema será bastante flexível, para alojar módulos especificamente desenvolvidos para o *servatis* como, por exemplo, o *servator*, e integrar outros já desenvolvidos e a funcionar autonomamente.

Para atingir a finalidade definida para o *servatis*, desenhou-se uma arquitectura e definiram-se algumas vertentes da sua implementação, apresentadas na próxima secção com mais detalhe.

### 3. ARQUITECTURA DO SISTEMA *SERVATIS*

O sistema *servatis*, cuja finalidade e objectivos foram já enunciados, foi definido com base em duas vertentes principais: os dados e o seu processamento.

A escavação arqueológica<sup>3</sup> é sempre um processo destrutivo [Green 2002], o que torna o registo minucioso dos dados, desenhos e imagens muito importantes. Registar o processo de escavação permite que a memória dos sítios se prolongue no tempo, facilitando também a análise arqueológica e a reconstituição virtual dos arqueossítios<sup>4</sup> e dos contextos.

Com base no conjunto de dados e modelos armazenados no repositório, o *servatis* disponibiliza a informação arqueológica, processada de diversas formas, nomeadamente em catálogos de sítios ou materiais, relatórios ou gráficos. A integração de dados e ferramentas proporciona ainda que as Bases de Dados (BD) sejam usadas nos SIG, na restituição virtual de sítios e/ou materiais, bem como na identificação de modelos com base nos princípios associados à DCBD.

O sistema *servatis* integra uma arquitectura cliente-servidor, de acordo com a estrutura apresentada na Figura 1.

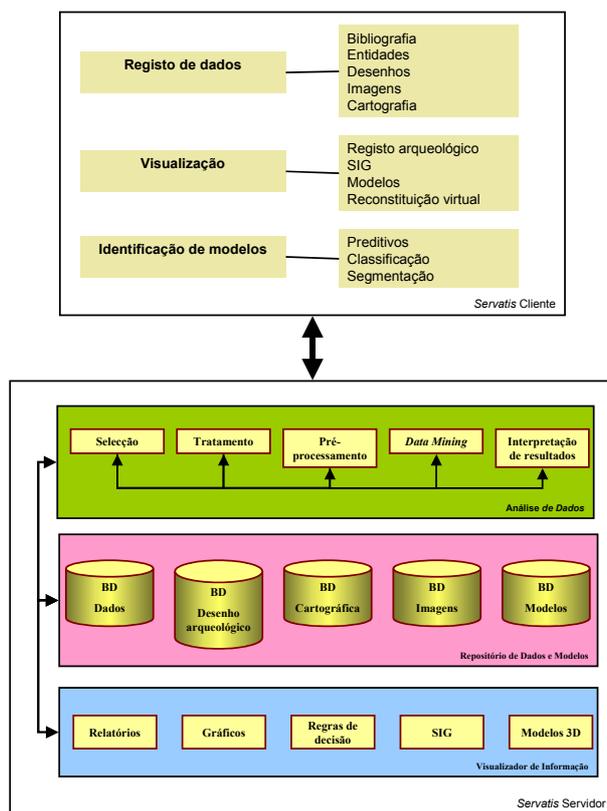


Figura 1 – Arquitectura do sistema *Servatis*

<sup>3</sup> A actividade arqueológica faz-se basicamente através de prospecções e escavações, tendo em vista a interpretação dos sítios arqueológicos [Martinez 1992].

<sup>4</sup> Os arqueossítios ou sítios arqueológicos são as memórias da terra do passado longínquo, que jazem no subsolo de inúmeros locais disseminados pelo território. São, também, estruturas ou equipamentos antigos ou arruinados que testemunham a história próxima ou mais remota de uma região [Geira 1997].

A interface com o utilizador, estabelecida pelo *servatis* cliente, permite que sejam realizadas sobre o sistema três operações distintas: Registo de dados, Visualização e Identificação de modelos.

O sítio arqueológico pode ser visto como um conjunto de elementos e estruturas que constituem relíquias do passado, mas também como um conjunto de vestígios integrados num contexto geográfico, cultural, económico e social. Assim, os dados que resultam do processo arqueológico e que a seguir se descrevem, são muito diversificados quer no conteúdo quer nos formatos que apresentam e serão armazenados no Repositório de Dados e Modelos:

- Bibliografia – o processo arqueológico muitas vezes tem início na verificação de indicações registadas em livros, revistas ou outros documentos;
- Entidades – as entidades arqueológicas são muito diversificadas. Podem ser sítios arqueológicos, estruturas, unidades estratigráficas<sup>5</sup> ou materiais encontrados nos arqueossítios. Como os sítios foram locais de actividade humana, as características das comunidades, os seus hábitos alimentares, sociais e culturais são também entidades cuja existência é prevista no Repositório de Dados e Modelos do *servatis*;
- Desenhos – durante o processo arqueológico, mais ainda na fase de escavação de um sítio arqueológico, desenham-se planos, alçados ou perfis, de forma a registar todas as fases do trabalho. O seu armazenamento em formato vectorial e a sua análise posterior, conduz à formulação de hipóteses cognitivas sobre a formação do sítio, características, ocupação e abandono, bem como dos modelos de acordo com um quadro cronológico específico;
- Imagens – a fotografia é um processo de memorizar as características encontradas para o sítio e da evolução das escavações. Para além do interesse documental destas imagens e da visualização das fases de escavação, há projectos onde, a partir da fotografia digital, se faz a modelação dos sítios e a implantação no contexto geográfico onde se inserem;
- Topografia e cartografia – a cartografia assume um papel muito importante na Arqueologia, uma vez que o conhecimento do contexto geográfico, onde os sítios se inserem, é fundamental.

O módulo de visualização tem como finalidade fornecer informação arqueológica processada de diversas maneiras, de acordo com os objectivos do utilizador. A forma de processar a informação é muito variada, desde a elaboração de listas organizadas dos dados, catálogos de sítios e de imagens, até à integração de vários dados e ferramentas como os SIG, os modelos 3D de representação de sítios e objectos, ou ainda de modelos preditivos.

Apresentam-se a seguir alguns exemplos de visualização de informação a disponibilizar no *servatis*:

- Registo arqueológico – a visualização da informação resultante do registo arqueológico pode assumir formas muito variadas, onde se destacam, os inventários de sítios arqueológicos, as listagens das estruturas associadas a determinado sítio, da sua estratigrafia, dos achados encontrados. Tendo-se definido o *servatis* como um sistema integrado, que utiliza BD relacionais, é sempre possível criar listagens que combinam dados oriundos de diferentes BD e diferentes formatos, por exemplo, texto com imagens digitais das entidades ou de modelos. O elevado número de listagens que normalmente os utilizadores

---

<sup>5</sup> Os sítios arqueológicos são muitas vezes cobertos por sucessivas camadas de terra. A cada camada pode dar-se o nome de unidade estratigráfica.

requerem e que podem ser definidas a partir dos dados, foi determinante para que se definisse, como requisito do sistema, um módulo assistido para o utilizador personalizar as suas listagens;

- SIG – são muitos os exemplos de SIG aplicados à Arqueologia [Sánchez 2000]. O *servatis* irá integrar alguns módulos já desenvolvidos, nomeadamente o SIABRA (Sistema de Informação Arqueológica de *Bracara Augusta* [Giestal 1998]).
- Modelos – neste módulo, o *servatis* irá integrar o modelo preditivo de apoio à prospecção arqueológica, o *servator*, já desenvolvido e identificado para a região de Trás-os-Montes Oriental. Este modelo poderá ser aplicado a novos dados desta região. Poderá ainda ser utilizada a mesma metodologia para identificar novos modelos, a nível regional ou nacional. Para isso o utilizador da área de Arqueologia utilizará o módulo identificação de modelos, também a disponibilizar no *servatis* e mais adiante apresentado nesta secção;
- Reconstituição Virtual – o *laser scanner*, por exemplo, pode ser utilizado para criar modelos 3D de representação de sítios [Allen *et al.* 2004]. A reconstituição virtual pode-se obter com base nos modelos 3D ou apenas a partir dos dados de BD, desenhos arqueológicos e cartografia [Bernardes 2002]. Estas formas de visualizar a informação não espelham uma realidade, mas constituem hipóteses interpretativas do passado que podem contribuir para gerar novo conhecimento arqueológico e aperfeiçoar a gestão do nosso património cultural.

Cada uma destas opções é disponibilizada pelo *servatis cliente*, que interage com o *servatis servidor* de uma forma transparente para o utilizador. Utiliza um, ou uma combinação de componentes principais do sistema, nomeadamente a Análise de Dados, Repositório de Dados e Modelos e ainda Visualizador de Dados e Modelos, cujas funções são descritas na rubrica seguinte.

### 3.1. SERVATIS SERVIDOR

Na secção anterior apresentou-se a arquitectura do sistema *servatis* e as operações disponibilizadas aos utilizadores. Cada acção desencadeia uma série de operações e interacções entre o *servatis cliente* e o *servatis servidor*. Este último foi estruturado em três módulos básicos, a Análise de Dados, o Repositório de Dados e Modelos e o Visualizador de Informação, cujas finalidades se apresentam a seguir.

#### 3.1.1. ANÁLISE DE DADOS

Este módulo é utilizado quando se pretende identificar novos padrões, utilizando os princípios da DCBD. O componente Análise de Dados foi desenhado de acordo com o método CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*) [Chapman *et al.* 2000], onde se estabelece uma metodologia para o processo da descoberta de conhecimento, contemplando as fases de **selecção de dados**, **tratamento dos dados**, **pré-processamento dos dados**, **Data Mining (DM)** e **interpretação de resultados**.

##### 3.1.1.1. SELECÇÃO DE DADOS

Nesta fase procede-se à selecção dos dados disponibilizados na Base de Dados do Repositório de Dados e Modelos. A seguir identificam-se os campos com os dados que se consideram

relevantes para as tarefas a realizar. A relevância dos dados está relacionada com os objectivos intrínsecos à análise que se pretende efectuar, descartando-se desde logo os atributos de carácter meramente informativo e que não irão contribuir para a identificação de padrões [Santos 2001].

### **3.1.1.2. TRATAMENTO DE DADOS**

Na fase de tratamento de dados procede-se à limpeza dos mesmos. As BD são, de um modo geral, muito incompletas, com dados vagos e muito imprecisos, uma vez que não foram criadas com o objectivo da Descoberta de Conhecimento [Rodrigues *et al.* 1998]. As BD de Arqueologia são ainda muito descritivas, com uma elevada percentagem de dados omissos e inconsistentes. Estas características reforçam a importância das tarefas de selecção, limpeza e transformação dos dados, devendo ser realizadas com o acompanhamento de um especialista na área. Sem a existência de conhecimento no domínio, as operações de limpeza que visam detectar/corrigir dados errados, valores fora do intervalo de valores admissíveis ou ainda dados omissos, não serão bem realizadas, podendo até provocar maior ruído.

### **3.1.1.3. PRÉ-PROCESSAMENTO**

Na fase de pré-processamento os dados são transformados na sua forma final antes de serem analisados pelos algoritmos de DM. Nesta fase normalizam-se e combinam-se as variáveis de entrada ou agrupamento de registos, por forma a conseguir o máximo de informação possível com o mínimo número de linhas e colunas da amostra.

Os modelos identificados podem ser bons ou maus modelos, de acordo com a qualidade dos dados que foram utilizados para a sua identificação. A aplicação directa de técnicas de DM sobre dados não tratados resultará num modelo, cujo grau de confiança pode ser bastante menor que o obtido após o tratamento e pré-processamento dos dados. O pré-processamento dos dados é muito exigente ao nível dos recursos temporais e a incorporação de conhecimento específico é mais uma vez fundamental.

No final desta fase os dados serão submetidos a algoritmos de DM, para identificação de padrões.

### **3.1.1.4. DATA MINING**

Para realização das tarefas de DM aplicam-se aos dados algoritmos para procurar padrões implícitos nos dados. Os dados utilizados nesta fase, normalmente chamados de conjunto de treino, são retirados do conjunto de dados inicialmente seleccionado. Os restantes dados, a que normalmente se dá o nome de conjunto de teste, ficam reservados para testar a validade dos modelos identificados.

De acordo com os objectivos definidos são seleccionados os algoritmos a utilizar, tendo sido utilizados para a identificação do *servator* os algoritmos de Indução de Árvores de Decisão e de Redes Neurais.

### **3.1.1.5. INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS**

À luz do conhecimento no domínio, irá ser avaliado o desempenho do modelo identificado, interpretando e avaliando os resultados obtidos.

Esta interpretação de resultados é fundamental no processo de descoberta de conhecimento, permitindo ponderar as decisões tomadas. Muitas vezes são revistas algumas opções e

executadas novamente algumas tarefas do processo de descoberta de conhecimento.

A avaliação de resultados é sempre feita em função da validade que se encontra nos padrões identificados, aplicando-se o modelo ao conjunto de dados de testes.

Testada a validade do modelo avalia-se também a sua utilidade ou ainda o carácter inovador dos resultados encontrados. Esta avaliação é feita pelo perito em Arqueologia onde, de acordo com o conhecimento na área, avalia o grau de interesse e relevância das descobertas. Será com base neste parecer que os padrões encontrados serão, ou não, armazenados na **BD Modelos** do sistema *servator*.

A incorporação do conhecimento existente na área de Arqueologia é fundamental para identificar bons modelos [Pyle 1999]. Para isso, durante todo processo, o utilizador interage com o sistema através de funções implementadas para o efeito. A utilização de *wizards* é, mais uma vez indicada, permitindo que os especialistas de Arqueologia e de TI, possam executar todas as tarefas associadas à metodologia adoptada, para identificar modelos.

### 3.1.2. REPOSITÓRIO DE DADOS E MODELOS

O Repositório de Dados e Modelos é a componente responsável por armazenar dados e modelos identificados, utilizando BD relacionais.

Os Dados caracterizam os sítios arqueológicos, através das estruturas encontradas, do espólio, da estratigrafia, das cronologias associadas e da informação resultante da interpretação arqueológica. Como os arqueossítios estão intimamente ligados à área geográfica onde se inserem, os dados relativos à geomorfologia do terreno, rede hidrográfica, tipo de solos e cobertura vegetal, entre outros, são também Entidades consideradas no sistema.

O Desenho arqueológico é uma ferramenta muito utilizada em Arqueologia e o seu armazenamento em formato vectorial será feito na BD de Desenho arqueológico. São desenhos utilizados para fazer relatórios de escavação, também usados nos SIG e nos modelos 3D dos sítios.

A cartografia representa o cenário geográfico onde se inserem os sítios. O seu armazenamento na BD Cartográfica permite que, por exemplo, seja utilizada nos SIG de Arqueologia.

As imagens, nomeadamente as fotografias, constituem, como já foi referido, uma importante fonte documental na Arqueologia. As possibilidades oferecidas pelo seu armazenamento numa BD relacional são de grande interesse, particularmente na elaboração de relatórios e memórias científicas.

Os modelos preditivos, de classificação ou segmentação, irão também ser armazenados na BD de Modelos, por forma a poderem ser aplicados aos Dados. Novos modelos, entretanto identificados, irão ser armazenados, de acordo com procedimentos a definir, durante a fase de implementação.

### 3.1.3. VISUALIZADOR DE INFORMAÇÃO

A área da Arqueologia trabalha com dados multi-dimensionais bastante complexos. Esta característica levanta, muitas vezes, barreiras aos especialistas da área, dadas as dificuldades para organizar e visualizar estes dados de uma forma normalizada, simples e intuitiva.

O sistema *Servatis* pretende apoiar os arqueólogos na organização e gestão da informação, recorrendo a BD e a várias tecnologias que manipulam informação, tais como os SIG e os modelos os 3D. A informação passa a estar integrada, facilitando a investigação arqueológica e

sua utilização em relatórios de escavação, gráficos de manipulação de dados e na elaboração de memórias científicas.

As Regras de Decisão<sup>6</sup>, por exemplo, são uma forma de visualização interessante do ponto de vista da prospecção arqueológica e do ponto de vista didático. São apresentadas numa linguagem natural, normalizada e estruturando o conhecimento arqueológico numa forma simples e intuitiva.

A utilização de ferramentas como os SIG, ligadas a Bases de Dados e a Bases de Dados de Modelos permitem representar de uma forma gráfica o Património visível e potencial, para uma determinada área geográfica. A maior valia do uso integrado destas ferramentas reside na visão global e integrada que fornece do Património, delimitando áreas de Património inventariado e ainda áreas onde poderão existir sítios arqueológicos não detectados. Estas áreas identificadas podem ser associadas a zonas de risco, com interesse para a elaboração de Planos Directores Municipais. Utilizando estes modelos, o Ordenamento e Gestão Patrimonial passaria a ter em consideração não só o Património visível, mas também o Património que é necessário proteger, mas que ainda está oculto.

### 3.2. *SERVATIS* CLIENTE

O *servatis cliente* constitui a interface com o utilizador. As operações possíveis no sistema estão, como foi já referido, associadas às tarefas de registo de dados, visualização de informação e ainda de identificação de modelos.

Este módulo proporciona acesso a informação arqueológica, com interesse para utilizadores da área de Arqueologia, ou de outras áreas, de acordo com perfis de utilização a definir. Estabeleceu-se como pré-requisito essencial que todas as operações devem ter disponíveis textos *on-line*, a funcionar como guias de apoio à execução das operações em curso, ou para apresentar sugestões de tarefas a executar a seguir. No entanto, a opção de identificação de modelos, que utiliza os princípios associados à DCBD, aplicando de algoritmos de DM aos dados, requer, especificamente, utilizadores com competências na área das TI e de Arqueologia. Todo este processo, embora orientado pelo sistema, mantém uma interacção constante com os utilizadores. As decisões tomadas vão influenciar o curso do processo, bem como os resultados finais, pelo que é fundamental que o interlocutor seja um especialista em TI e Arqueologia.

Foram já enunciadas as finalidades de cada um destes módulos, pelo que se irá caracterizar a seguir os vários componentes do *servatis cliente* e os módulos do *servatis servidor* que utilizam.

#### 3.2.1. REGISTO DE DADOS

Os Dados constituem os alicerces do sistema *servatis*. No processo arqueológico são geradas grandes quantidades de dados, em diversos formatos e podendo ser estruturados do seguinte modo:

- Dados – tabelas de caracterização de entidades do processo arqueológico, nomeadamente áreas de escavação, estruturas, materiais, estratigrafia, paisagem, solos, entre outras;
- Desenho arqueológico – o desenho arqueológico, resulta como foi já referido atrás, do registo de escavação. Esses registos serão armazenados numa

---

<sup>6</sup> As Regras de decisão sistematizam o conhecimento arqueológico e são geradas pelos modelos preditivos, nomeadamente pelo *servator*, quando são utilizados algoritmos de indução de árvores de decisão.

BD, associados aos contextos em que se inserem, que normalmente são referências a tabelas já existentes nos Dados;

- Cartografia – todo o sítio arqueológico tem uma existência associada a um local. Armazenar a cartografia numa BD, de modo a poder relacionar, por exemplo através de um SIG, os sítios arqueológicos com o seu posicionamento geográfico e todo o contexto ambiental associado, é uma tarefa muito importante e útil à Arqueologia;
- Modelos – os modelos estão sempre associados a informação das BD (Dados) e, normalmente, inseridos num contexto geográfico. Tal como na Cartografia, é fundamental que os modelos sejam armazenados numa BD relacional, de modo a poderem ser integrados com tabelas de Dados e Cartografia. As possibilidades de utilização que oferecem são imensas. Pode referir-se a título de exemplo, a vantagem de integrar o *servator* com um SIG, de modo a que, para determinado tipo de arqueossítio a prospectar, possam ser assinaladas na cartografia da região as áreas de provável localização de Património.

O armazenamento dos Dados e Modelos no sistema será feito, de acordo com o esquema apresentado na Figura 2, em BD relacionais.

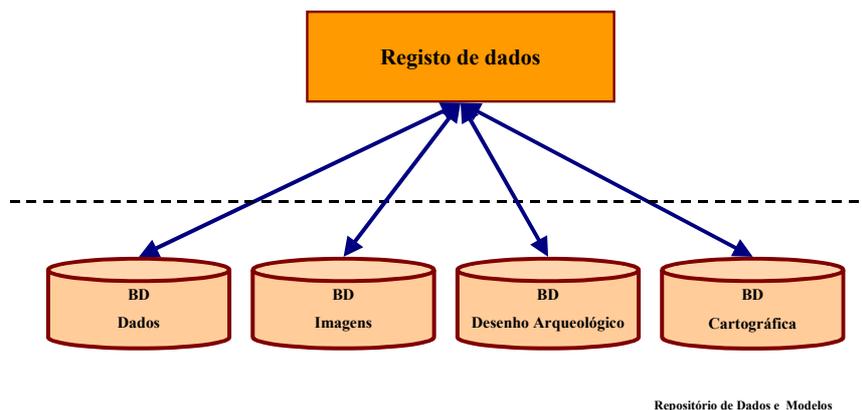


Figura 2 – *Servatis* – módulo de Registo de dados

A estrutura das BD e o modo como irão ser concretizadas as operações de carregamento dos dados, serão definidas por uma equipa pluridisciplinar de especialistas da área das TI e da Arqueologia.

### 3.2.2. VISUALIZAÇÃO

A opção de Visualização permite ter acesso a um conjunto de ferramentas de elaboração de relatórios, gráficos e mapas, com base nos dados armazenados no Repositório de Dados e Modelos.

A Figura 3 define o relacionamento estabelecido entre os componentes do *servatis*, durante uma chamada ao módulo de Visualização do *servatis* cliente.

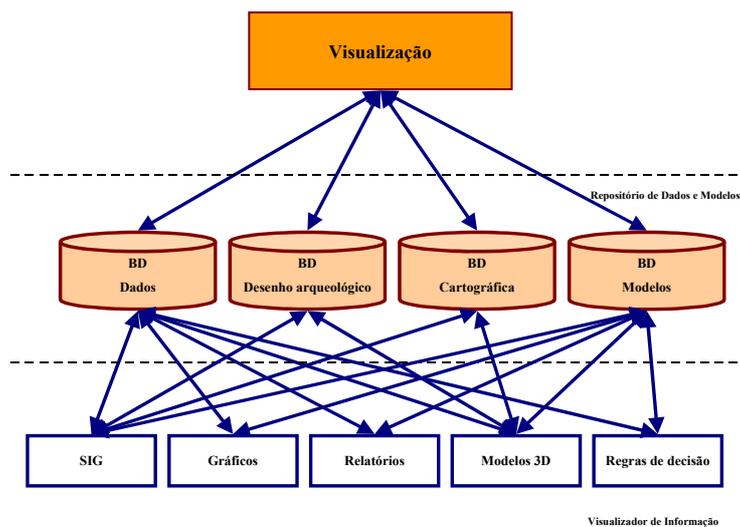


Figura.3 – *Servatis* – módulo de Visualização

Para cada pedido de Visualização do *servatis* cliente o sistema faz chamadas a módulos do *servatis* servidor, de acordo com a informação pretendida. Esta pode estar alojada numa, ou mais, BD do Repositório de Dados e Modelos e ser processada pelas ferramentas disponibilizadas no módulo Visualizador de Informação do *servatis* servidor.

Com este módulo podem ser elaboradas as memórias científicas dos projectos arqueológicos e também podem ser realizados relatórios e mapas de arqueossítios, para apoio à decisão nas áreas de Planeamento de Ordenamento do Território.

A criação de roteiros culturais por parte da Indústria do Património pode também ser apoiada pelo *servatis*, como fornecedor de indicadores detalhados e integrados do património de determinada zona.

Os registos arqueológicos poderão servir de base à construção de modelos 3D, para visualização das estruturas identificadas durante as escavações [Clark *et al.* 2002] e podem também servir para ante-visualizar o que não pode ser observado [Barceló 2000], porque o património está ainda oculto. A Realidade Virtual aplicada à Arqueologia permite, também, que os dados sejam interpretados e que se façam simulações do que se pensa terem sido os sítios arqueológicos [Bernardes 2002].

O sistema *servatis* permite ainda visualizar modelos, utilizados para extrair informação implícita nos dados, previamente desconhecida e potencialmente útil [Han e Kamber 2001].

A opção de Visualização de Modelos implica o acesso às BD de Modelos, que armazenam os modelos preditivos, modelos de classificação ou segmentação.

A informação ou padrões visualizados podem ser apresentados numa linguagem natural, como por exemplo as regras de decisão, ou sob a forma de gráficos, que evidenciam relações existentes entre os dados. As BD de arqueologia podem estar associadas a indicadores geográficos, georeferenciando os sítios arqueológicos, as suas estruturas e achados. Desta forma, os modelos podem ser integrados com ferramentas SIG e/ou ligados a modelos 3D.

### 3.2.3. IDENTIFICAÇÃO DE MODELOS

O módulo de Identificação de Modelos utiliza a DCBD para identificar modelos, extraindo informação implícita dos dados. Esses modelos poderão ser de vários tipos, desde a identificação de modelos preditivos de património arqueológico (como o *servator*), onde são identificadas áreas de provável existência de arqueossítios, ainda não detectados, até aos

modelos de classificação ou modelos de atribuição de cronologias a sítios e artefactos. A utilização dos padrões identificados serve de apoio à actividade arqueológica, mas pode também ser útil a outras actividades, nomeadamente à elaboração de PDM ou projectos para Roteiros Culturais.

Tal como acontece no módulo de Visualização, também neste módulo os padrões identificados podem ser apresentados sob a forma de linguagem natural, como as regras de decisão, ou ainda, sob a forma gráfica, integrados em SIG ou modelos 3D.

Havendo indicadores geográficos associados aos dados dos arqueossítios e as correspondentes entidades cartográficas na BD Cartográfica, pode fazer-se uma incorporação dos relacionamentos espaciais existentes entre as entidades arqueológicas geograficamente endereçadas no processo de Descoberta de Conhecimento [Santos 2001], tornando os modelos mais úteis e permitindo uma apresentação gráfica mais completa.

Na Figura 4 apresenta-se um gráfico onde se esquematiza o processo de identificação de modelos, utilizando o sistema *servatis*.

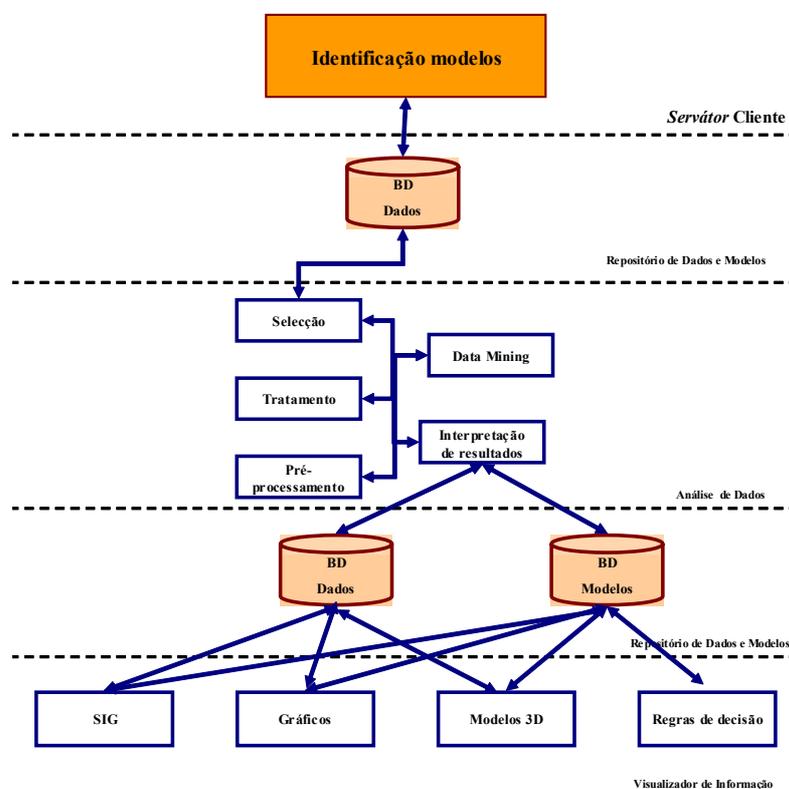


Figura 4 – *Servatis* – identificação de modelos

Como já foi referido, este módulo deve ser assessorado por utilizadores com competências na área da Arqueologia, uma vez que durante este processo o utilizador intervém em várias etapas do processo de DCBD. A qualidade dos padrões encontrados, bem como o seu grau de inovação ou utilidade para a área, também só pode ser avaliada por um especialista.

Os padrões identificados podem ser, posteriormente, guardados na BD Modelos do Repositório de Dados e Modelos. A sua apresentação ao utilizador é feita utilizando as ferramentas disponibilizadas no módulo Visualizador de Informação do *servatis servidor*.

#### 4. IMPLEMENTAÇÃO DO *SERVATIS*

O *servatis* é um sistema que se espera venha a crescer, com a sua utilização, através do registo de dados e da identificação de novos modelos. Para conseguir esse estado de maturidade é necessário que o seu desenvolvimento seja modular, parametrizado e constantemente realimentado.

Um conjunto de módulos a disponibilizar no *servatis* estão já implementados e podem ser integrados no sistema, nomeadamente a criação de um Sistema de Informação de Gestão do Património Arqueológico [Botica *et al.* 2003], o Sistema de Informação Arqueológica de *Bracara Augusta* [Giestal 1998], os modelos 3D para simulação e divulgação de Património Arqueológico [Bernardes e Martins 2003] e o *servator* - modelo preditivo de apoio à prospecção arqueológica de Trás-os-Montes Oriental.

O *servator* foi identificado utilizando os princípios de DCBD, tendo-se aplicado aos dados algoritmos de indução de árvores de decisão e de redes neuronais. Os primeiros algoritmos permitem a sistematização do conhecimento arqueológico, através da elaboração de um conjunto de regras que integram uma árvore de decisão. Um pequeno conjunto dessas regras, identificadas no *servator*, é apresentado na Figura 5.

```
Cronologia Período Romano
topografia Cume -> Povoado
topografia Talvegue -> Rede Viária
topografia Vertente -> Povoado
topografia 0
geomorfologia_mac 0 -> Epigrafia
geomorfologia_mac Bacia hidrográfica -> Tesouro
geomorfologia_mac Depressão tectónica -> Epigrafia
geomorfologia_mac Planalto -> Epigrafia
geomorfologia_mac Serra -> Povoado
Cronologia Idade Média
```

Figura 5 – Algumas regras de decisão do modelo preditivo para Trás-os-Montes Oriental *servator*

Pode verificar-se, por exemplo, que para o Período Romano, quando a Topografia do terreno é um **Cume** ou **Vertente**, então provavelmente existirá um **Povoado**. No entanto, se a Topografia for um **Talvegue**, então o tipo de arqueossítio poderá estar relacionado com a **Rede Viária**.

Os arqueólogos, nos seus projectos, formulam hipóteses sobre a forma como se distribuem os arqueossítios numa determinada região e da sua relação com o meio. As regras de decisão permitem estruturar e normalizar esse conhecimento, apresentando-o numa linguagem natural, clara e intuitiva.

Esta forma de visualização de padrões pode, portanto, constituir-se como uma ferramenta de trabalho para apoio à prospecção arqueológica. Mas pode, também, ser um importante elemento pedagógico e potenciar a aquisição de novo conhecimento.

Apesar de serem utilizadas no sistema as mais variadas ferramentas, este deve apresentar-se com uma interface normalizada, definida de acordo com perfis de utilização a criar, e disponível em *Intranets* e na *Internet*.

#### 5. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

A Arqueologia trabalha com muitos dados, destacando-se pela sua complexidade e elevada dimensionalidade. O sistema *servatis* pretende colocar ao dispor dos arqueólogos um conjunto de ferramentas na área das TI, apoiando-os nas actividades de organização e normalização da Informação (componente de Análise de Dados) e também nas de visualização (Visualização de Dados e Modelos). Acrescenta-se ainda que o sistema integrará um conjunto de modelos preditivos pré-definidos, identificados utilizando os princípios de DCBD, para identificar padrões nos dados. Potencia-se ainda a descoberta de novos padrões, nos dados já existentes no

sistema, ou em novos dados introduzidos pelo utilizador.

O sistema *servatis* oferece, portanto, benefícios para os utilizadores da área da Arqueologia, através da facilitação da organização, tratamento e análise dos dados e, sobretudo, na sua visualização de forma personalizada e recorrendo a várias ferramentas de uma forma simples e integrada.

A eliminação das barreiras tecnológicas, que muitas vezes se colocam aos especialistas da área da Arqueologia e a integração de dados e tecnologias num sistema de utilização simples e intuitiva, poderá contribuir para que se realizem operações importantes ao nível da gestão dos dados, da sua interpretação, estudo e divulgação.

O apoio prestado ao trabalho arqueológico, ao ensino e investigação nesta área de conhecimento é ainda complementado com a facilidade de troca de informação com outras áreas, cada vez mais solicitada nos nossos dias. O *Servatis* poderá ser uma interface para entidades regionais e nacionais, oferecendo acesso a dados diversificados, com algum grau de personalização e com interesse para a elaboração de PDM, elaboração de roteiros culturais, ou simplesmente para contribuir para uma maior democratização do saber arqueológico.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, S. Feiner, A. Troccoli, H. BenkoE, Ishak e B. Smith, "*Seeing into the Past: Creating a 3D Modeling Pipeline for Archaeological Visualization*", 2nd International Symposium on 3D Data Processing, Visualization and Transmission (3DPVT'04). Grécia, 2004.
- Ballart, J., "*El Patrimonio histórico y arqueológico: valor y uso. Barcelona*", Editorial Ariel, S.A. 1997.
- Barceló, J., A. "*Virtual Archaeology and Artificial Intelligence*". VAST - International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, Italy - Arezzo, 2000.
- Bernardes, P. J. C., "*Arqueologia Urbana e Ambientes Virtuais: um Sistema para Bracara Augusta. Braga*", Universidade do Minho, 2002.
- Bernardes, P. J. C.e M. Martins, "*Computação gráfica e Arqueologia Urbana: o caso de Bracara Augusta*". 12ª Encontro Português de Computação Gráfica, Porto, 2003.
- Botica, N., F. S. Lemos, M. Santos, "*Desenvolvimento Sustentado- Património Arqueológico e Tecnologias de Informação*". 1º Congresso Internacional de Investigação e Desenvolvimento Socio-Cultural, Cabeceiras de Basto, 2003c.
- Chapman, P., J. Clinton, R. Kerber, T. Khabaza, T. Reinartz, C. Shearer, R. Wirth, "*CRISP-DM – Step-by-Step data mining guide*", Version 1.0, SPSS, 2000.
- Clark, J. T., W. Perrizo, J. E. Landrum, R. Frovarp, A. Bergstrom, S. Ramaswamy, W. Jockheck, "*Digital Archive Network for Anthropology*". Journal of Digital Information 2(4), 2002.
- Geira, "geira: serviços de informação multimédia sobre o património científico, cultural e ambiental do norte de portugal", Universidade do Minho, 1997. <http://www.geira.pt/>
- Giestal, C. D., "*Sistema de Informação Geográfica para a Arqueologia Urbana: O Caso de Bracara Augusta*", Universidade do Minho, 1998.
- Green, Kevin, "*Archaeology: an introduction*", Routledge, fourth edition, 2002.
- Han, Jiawei e Micheline Kamber, "*Data Mining: Concepts and Techniques*", Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- Lemos, F. S., "*Ordenamento da Paisagem e Conservação do Património Arqueológico*". FORUM. 9/10, 1991.

- Leusen, Peter Martjin van, "*Pattern to process: methodological investigation into the formation and interpretation of spatial patterns in archaeological landscapes*", Rijksuniversiteit Groningen, 2002, Tese de Doutoramento.
- Martínez, V. M. F., "*Teoría e Método de la Arqueología*". Madrid, Editorial Síntesis, 1992.
- Pyle, D., "*Data Preparation for Data Mining*". San Francisco, Morgan Kaufmann Inc, 1999.
- Rodrigues, Maria de Fátima, Carlos Ramos e Pedro Rangel Henriques, "*Extracção de Conhecimento em Sistemas de Informação Imprecisos*", EEI'98, 1998.
- Sánchez, Jesús Bermúdez, "*La aplicación de los sistemas de información geográfica a la arqueología*", Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Filosofía y Letras, 2000, Tese de Doutoramento.
- Santos, Maribel Yasmina Campos Alves, "*PADRÃO – Um sistema de Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados Georeferenciadas*", Universidade do Minho, 2001, Tese de Doutoramento.
- Vote, Eileen Louise, "*A New Methodology for Archaeological Analysis: Using Visualization and Interaction to Explore Spatial Links in Excavation Data*", Brown University, Providence - Rhode Island, 2001, Tese de Doutoramento.