

UMA PLATAFORMA DE REPRESENTAÇÃO E DIVULGAÇÃO DA HISTÓRIA URBANA DE BRAGA.

A REPRESENTATION AND DISSEMINATION PLATFORM OF THE URBAN HISTORY OF BRAGA (PORTUGAL).

Recibido:
Aceptado:

Paulo BERNARDES

*Especialista de Informática da UAUM
Investigador do LAB2PT, UMinho
Investigador do Projecto PTDC/HIS-ARQ/121136/2010
pbernardes@uaum.uminho.pt*

Natália BOTICA

*Especialista de Informática da UAUM
Investigadora do LAB2PT, UMinho
Investigadora do Projecto PTDC/HIS-ARQ/121136/2010
nb@uaum.uminho.pt*

Fernanda MAGALHÃES

*Bolseira de doutoramento da FCT -
SFRH/BD/100030/2014
Investigadora do LAB2PT, UMinho
b3872@uaum.uminho.pt*

Manuela MARTINS

*Professora Catedrática da Universidade do Minho
IR do LAB2PT, UMinho
IR do Projecto PTDC/HIS-ARQ/121136/2010
mmmartins@uaum.uminho.pt*

RESUMEN

Tendo por base os vestígios materiais exumados em Braga ao longo de quase quatro décadas de intervenções arqueológicas no âmbito do Salvamento de Bracara Augusta, procuraremos demonstrar neste trabalho as potencialidades de um projeto de arqueologia urbana. O desenvolvimento do projeto assenta numa abordagem multidisciplinar integrada, onde são valorizados os resultados conjugados da atividade arqueológica e dos estudos, integrados numa gestão dinâmica da informação. Esta abordagem permitiu a criação de novas plataformas de registo, análise e divulgação da informação, onde os metadados, desenhos, registo gráfico e modelos 3D alimentam a investigação em arqueologia urbana e a divulgação dos seus resultados.

ABSTRACT

Based on the remains unearthed in Braga over nearly four decades of archaeological interventions within the Bracara Augusta Rescue, we try to show in this paper the potential of an urban archaeology project. The project development is based on a multidisciplinary approach, where the combined results of archaeological activity and studies, integrated into a dynamic information management are valued. This approach allowed the creation of new record, analysis and dissemination of information platforms, where metadata, drawings, graphic registration and 3D models feed research regarding urban archaeology and the dissemination of their results.

Palabras Clave: Prehistoria, restos materiales, metodología, clasificación.
Keywords: Prehistory, material remains, methodology, classification.

1.- Introdução

A quantidade de intervenções arqueológicas

em Braga conduziram a uma clara aposta numa estratégia de criar um sistemas de informação (SI) onde fosse possível armazenar, gerir e visualizar os

dados registados de modo a salvaguardar a informação para memória futura, servir de base para uma plataforma de representação e divulgação da história urbana de Braga e para apoiar a investigação arqueológica.

Assim, na seção seguinte vamos fazer uma contextualização dos trabalhos arqueológicos na cidade de Braga, que permitem compreender a necessidade de organizar o grande manancial de informação arqueológica produzida num SI, estruturado e normalizado de forma a garantir a compatibilidade com bases de dados externas.

Na terceira seção descrevemos em pormenor o SI, a organização base dos dados, bem como das aplicações de registo e visualização de dados.

A seção seguinte mostra as metodologias de representação 3D que foram adotadas pela UAUM e que se baseiam em informação gráfica e alfanumérica que está armazenado no SI.

Por fim mostramos a mais-valia desta abordagem na gestão da informação e na investigação arqueológica realizada na UAUM.

2.- Trabalhos arqueológicos

A arqueologia urbana na cidade de Braga teve o seu início em 1976, com a criação do Campo Arqueológico e o início dos acompanhamentos sistemáticos das obras realizadas na área urbana, decorrentes da expansão da cidade para sul e sudoeste, onde se encontravam preservadas amplas áreas da cidade romana de Bracara Augusta (Alves e Nunes, 1974-1977: 416-423).

Sinteticamente poderemos considerar a existência de duas grandes fases no desenvolvimento do ‘Projeto de Bracara Augusta’. A primeira, correspondente ao período entre 1976 e 1992, foi dominada pelo ‘primado do salvamento e proteção’, tendo-se caracterizado por numerosos acompanhamentos de obras e trabalhos arqueológicos de emergência, pois durante a década de 80 do século passado toda a área correspondente à antiga cidade romana viria a tornar-se numa extensa e descontínua área de salvamento, devido à pressão construtiva. Após um período de grandes destruições, que atingiu o auge entre 1990 e 1991, a Câmara Municipal de Braga criou um Gabinete de Arqueologia, no âmbito do Centro Histórico (GACMB), o qual permitiu um maior controlo por parte da edilidade sobre os projetos imobiliários. Simultaneamente, a aprovação do Plano Diretor Municipal viria a permitir impor condicionantes arqueológicas em todas as obras realizadas no perímetro urbano, definindo, noutros casos, pequenas zonas de reserva arqueológica, onde apenas se podiam construir equipamentos de superfície. Este novo enquadramento abriu uma nova página no ‘Projeto de Bracara Augusta’, que permitiu consolidar a sua componente científica. A partir

de 1992, e até à atualidade, o ‘Projeto de Bracara Augusta’ passou a regular-se pelo ‘primado da investigação e da gestão da informação’, contemplando a realização, quer de escavações preventivas, quer de intervenções arqueológicas orientadas para o estudo do urbanismo e do edificado (Martins e Lemos, 1997-98: 9-21).

As novas condições emergentes em 1992 permitiram criar um contexto bastante mais propício à investigação, que se traduziu numa multiplicação de escavações e de estudos. Nesta nova etapa cabe destacar como fatores decisivos de consolidação do projeto: a conclusão, em 1999, das escavações das termas públicas do Alto da Cividade (Martins, 2005) e, em 2000, da área arqueológica das Carvalheiras (Martins, 1997-98: 23-45; Silva, 2000; Magalhães, 2010); a descoberta do teatro romano em 1999 (Martins et al., 2006; Martins et al., 2013a: 41-76); a multiplicação de intervenções programadas em vários locais da cidade que tornaram possível compreender a evolução urbana de Braga (Fontes et al., 2010: 255-262; Martins e Ribeiro, 2013: 11-44), localizar as áreas de necrópoles (Martins e Delgado, 1989-90: 41-186; Braga, 2010) e identificar o traçado das muralhas do Baixo Império e alto medieval (Lemos et al., 2007: 329-341); a realização do estudo de diferentes tipos de materiais (cerâmica, vidro, moedas) e a informatização de todos os registos de campo, iniciada em 1992, com a criação do primeiro Sistema de Informação de Bracara Augusta (SIABRA), que facilitou o cruzamento dos dados de diferentes intervenções, permitindo um acesso mais rápido à informação, bem como a sua gestão integrada e rápida difusão (Giestal, 1998; Martins e Giestal, 2001: 43-61).

Atualmente o ‘Projeto de Bracara Augusta’ contempla diferentes vertentes complementares que fazem dele um verdadeiro projeto de Arqueologia Urbana, articulando escavações preventivas e outras orientadas por objetivos estritamente científicos, os estudos, a gestão integrada da informação e a divulgação e transferência do conhecimento (Martins et al., 2013b: 81-88).

A componente de gestão integrada da informação constitui hoje uma pedra angular do projeto, uma vez que a informatização dos registos das escavações facilita a sua rápida consulta com diferentes objetivos, seja para avaliar possíveis impactes de obras na cidade, seja para cruzar os dados para a realização de estudos, ou, ainda, para gerar informação nova, necessária à investigação ou à divulgação. Os resultados conjugados dos estudos e da gestão integrada da informação permitiram a criação de novas plataformas de divulgação em que a UAUM apostou desde 1998, ao ensaiar os primeiros modelos 3D da cidade romana e dos seus edifícios (Martins e Bernardes, 2000: 347-357; Bernardes 2002). Recorrendo a vários softwares, os modelos produzidos servem a difusão do saber arqueoló-

gico, sendo também usados na própria investigação, pois constituem poderosos instrumentos de repre-

apoiam o trabalho arqueológico, sejam eles informação textual, desenhos, imagens ou vídeos (Botica

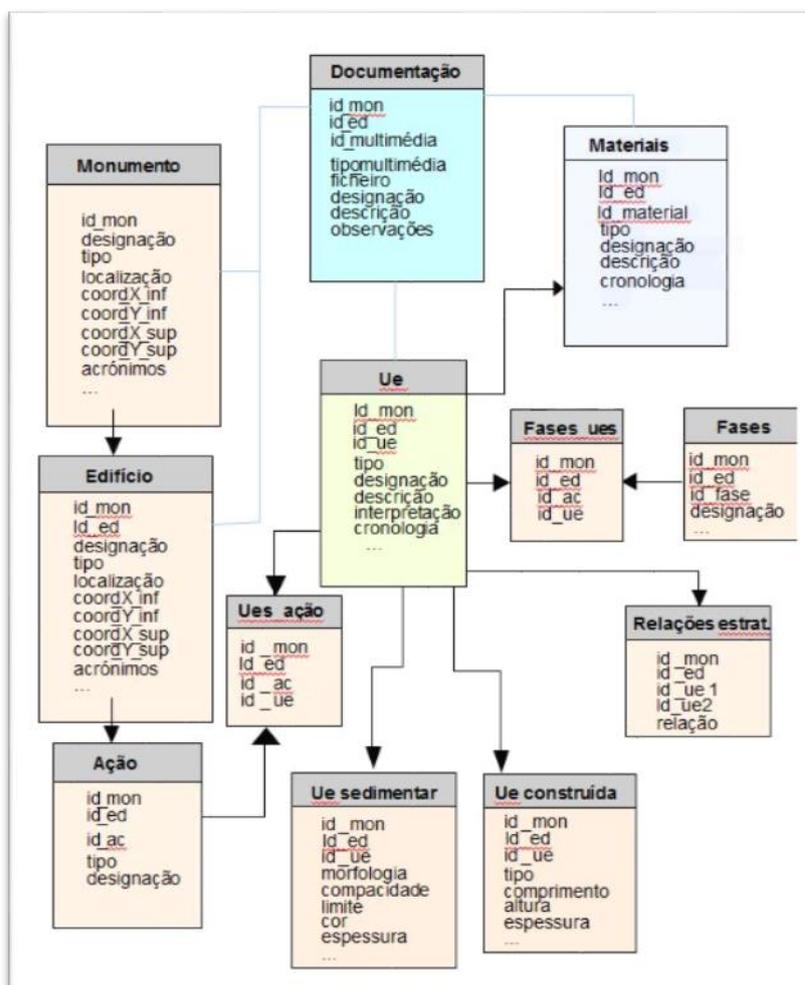


Fig.: 1. Diagrama simplificado de Entidades-Relacionamentos da BD

sentação do conhecimento.

3.- Sistema de Informação

O Sistema de Informação em análise (*2ArchIS*) integra um vasto acervo de dados que remonta a 1976, altura em que a UAUM iniciou a sua atividade no âmbito da arqueologia urbana de Braga, incorporando a informação de cerca de 150 intervenções arqueológicas de diferente tipologia. A informatização dos dados arqueológicos iniciou-se em 1992 e teve então em vista apoiar a tarefa de recolha e preservação da informação alfanumérica e gráfica procedente das escavações. Mais tarde, o cruzamento das bases de dados (BD) com os SIG's, permitiu o processamento e exploração dos dados para apoiar a interpretação arqueológica.

Progressivamente o *2ArchIS* foi evoluindo no sentido de guardar e processar, de forma integrada, os objetos digitais que simultaneamente resultam e

e Martins 2008). Por outro lado, paralelamente à tarefa de incorporação de dados de antigas e novas escavações e da integração dos dados, foi dada particular importância à normalização da informação, tendo em vista evitar duplicações e inconsistências e proporcionar a comparação dos dados de diferentes escavações.

Considerando o potencial da visualização na representação do discurso arqueológico (Llobera 2011), optamos por desenvolver um SI como uma estrutura modular e aberta que permite a comunicação com aplicações externas para alargar o leque de possibilidades de visualização e de processamento dos dados. Neste momento é possível exportar/conectar dados da Base de Dados (BD) para aplicações externas, designadamente, para um Sistema de Informação Geográfica (SIG) (Martins et al 2008), para o programa ArchEd para visualização e desenho do diagrama estratigráfico de Harris, para o *Clementine* da *SPSS* para desenvolver modelos

com base na descoberta de conhecimento em Bases de Dados (Botica 2004) e ainda o *CityEngine* para modelação 3D de cenários urbanos. A participação da UAUM no projeto “Contributos para o Projecto de Conservação do Património Arquitectónico e Urbano”, desenvolvido em parceria com a Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa, permitiu aplicar com sucesso o *2ArchIS* (Botica 2011) à Arqueologia da Arquitetura, nomeadamente aos case study do Mosteiro de São Frutuoso e do Convento de Cristo em Tomar.

- **Arquitetura do SI da UAUM**

Para cumprir o objetivo principal da atividade arqueológica, não basta registar todos os elementos e guardá-los numa Base de Dados. Os dados de caracterização arqueológica e patrimonial, quando analisados no contexto estratigráfico, relacionados com os artefactos encontrados e inseridos no contexto histórico e cultural têm um valor acrescentado. O contexto dos artefactos, por exemplo, é crítico, uma vez que a cronologia da sua manufatura ou de enterramento são muito importantes para a interpretação de sítios arqueológicos (Kelly e Tomas 2011). Também a sua localização e relações espaciais são fundamentais para a sua adequada interpretação (Lock 2003). Assim, a associação da informação alfanumérica a fotos e desenhos vetoriais, bem como a possibilidade de estabelecer relações qualitativas e geográficas entre cada entidade de informação, acrescentam valor à informação base e apoia de forma muito significativa a interpretação arqueológica.

Alinhado com esta perspetiva de poder sempre ir acrescentando mais valor aos registos, estabelecendo interligações entre eles, o *2ArchIS* foi dese-

nhado considerando que cada entidade é caracterizada por um conjunto de atributos e que se relaciona com outras entidades do sistema, como bibliografia, fotos, vídeos, desenhos ou modelos 3D.

A informação base do *2ArchIS* resulta da documentação produzida pelo trabalho arqueológico, desde o registo documental e bibliográfico, ao levantamento cartográfico e fotográfico, passando pela caracterização de monumentos, edifícios, ações construtivas, unidades estratigráficas e de artefactos. Estas entidades estão relacionadas entre si, independentemente do seu tipo ou formato. Por exemplo, quando se regista uma peça de cerâmica, ela é associada ao seu contexto estratigráfico, a fotografias, a desenhos vetoriais e a documentação bibliográfica recolhida.

Apresenta-se na Figura 1 o diagrama simplificado de Entidades-Relacionamentos da Base de Dados (BD) da UAUM.

Depois de inseridos no sistema, através da aplicação de *Back Office*, os dados são integrados e disponibilizados de forma simples, intuitiva e versátil, através da aplicação de *Front Office*.

- **Aplicação de *Back Office***

A aplicação de *Back Office* foi desenhada de forma concertada com as metodologias de trabalho em arqueologia usadas pela UAUM, tendo-se realizado um conjunto de procedimentos para levantamento e registo de dados. Definiram-se os atributos para caracterização das diversas unidades de informação. Houve um esforço de normalização dos dados, associando-se os atributos descritivos a listas de valores, para uniformizar a informação, simplificar o registo dos dados e reduzir os erros de digitação.

The image shows a web-based form for editing a monument record in the 2ArchIS system. The interface is titled "Alterar Monumento: Cavalariças". It features a navigation menu at the top with options like "Monumento", "Edifício", "Fase", "Ação", "Sondagem", "UE", "Materiais", "Epigrafias", "Documentação", "Gestão", and "Listagens". Below this, there are tabs for "Bibliografia", "Glossário", "Gráfica", "Modelo 3D", "Vídeo", "Imagem", and "Relatório". The main form area includes the following fields and controls:

- Nome:** Cavalariças
- Acónimo:** CVL86 ; BRA88CVL ; BRA89CVL ; BRA90CVL ; BRA91AVL ; BRA02CVL ;
- Nº Inventário ou Outros:** (empty)
- Descrição sumária:** Cavalariças - Terrenos anexos ao Museu D. Diogo de Sousa
- Localização administrativa:** (empty)
- Localização geográfica:** X0: -24566.61, Y0: 208588.16, X1: 205.00, Y1: 0.00
- Classificação:** (empty)
- Cronologia:** (empty)
- Tipo de intervenção:** Escavação (dropdown menu)
- Histórico das intervenções:** (empty)
- Observações:** \\octavio\SIG - SIABRA\Fotos Sítios\Cavalariças .jpg

At the bottom of the form, there are two buttons: "Alterar" and "Apagar".

Fig.: 2. *Back Office* – formulário de caracterização de monumento

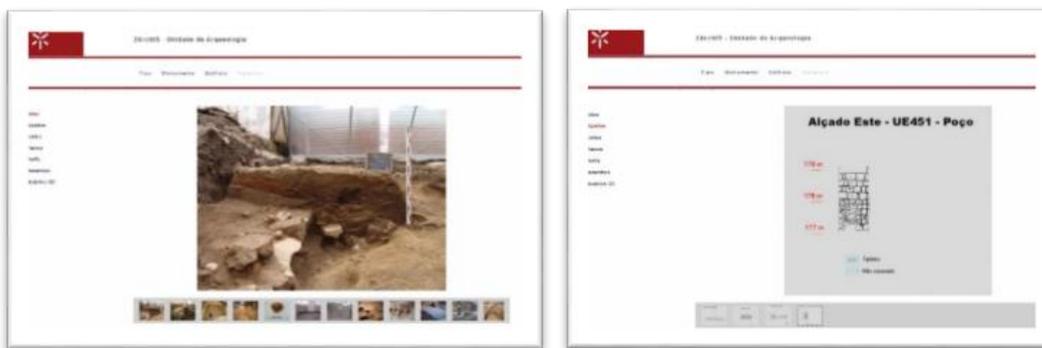


Fig.: 3. Front Office – consulta de fotos e desenhos vetoriais

Fez-se ainda um estudo detalhado sobre a forma como a informação vetorial deve ser registada, nomeadamente no que respeita à segmentação

consultar-se a informação alfanumérica e gráfica, tal como lista de fotos ou desenhos vetoriais (ver figura 3 e figura 4).



Fig.: 4. Front Office – lista de materiais e matriz estratigráfica

da informação e às normas de representação. Simultaneamente criou-se um código de cor e tipo de traço para normalizar a representação qualitativa dos dados, elaborando-se um pequeno manual de normas de desenho e de organização da informação. Desta forma, o processo de interligação e integração da informação vetorial com a informação alfanumérica é passível de ser feito de uma forma simples e sistemática. Os desenhos vetoriais de planos, perfis, alçados ou cortes, são registados no 2ArchIS através do Back Office, integrando esta informação e criando as associações a zonas arqueológicas, sondagens, Unidades Estratigráficas (UE) ou materiais (Figura 2). A informação pode depois ser visualizada no Front Office, ou ainda numa aplicação externa como um SIG.

A Figura 2 mostra o menu principal da aplicação de Back Office que permite registar os dados resultantes da caracterização do Monumento, Edifício, Ações construtivas, Unidades estratigráficas e Materiais.

- **Aplicação de Front Office**

O Front Office é uma aplicação desenvolvida para acesso dos investigadores, de uma forma dinâmica e intuitiva, à informação armazenada através do Back Office. Através desta aplicação pode

4.- Representação tridimensional da Informação

A representação tridimensional de informação arqueológica, usando as mais variadas técnicas de modelação geométrica e computação gráfica é uma importante ferramenta de suporte à investigação arqueológica (Evans e Daly 2006), pois permite criar modelos que podem ser sucessivamente aperfeiçoados à medida que novos dados vão sendo disponibilizados, possibilitando igualmente a criação de modelos cognitivos sobre o passado que facilmente são divulgados em diferentes plataformas (WEB, quiosques multimédia, ambientes virtuais, etc.).

Existem diferentes abordagens para a representação tridimensional da informação arqueológica. No caso da evolução urbana de Braga, tendo em conta os objetivos de divulgação dos resultados de investigação, optou-se por uma abordagem baseada nos levantamentos gráficos obtidos durante o processo de registo arqueológico e na posterior interpretação de toda a informação associada a cada elemento arquitetónico. Porém, mais recentemente, tendo em consideração a necessidade de criar um registo arqueológico tridimensional, ensaiou-se a



Fig.: 5. Primeira reconstrução tridimensional de Bracara Augusta (1999)

representação tridimensional baseada em fotografias digitais dos espaços intervencionados.

Todos os modelos produzidos podem ser albergados no SI da UAUM para posteriormente serem utilizados, quer em plataformas de visualização que podem apoiar a investigação arqueológica, quer em plataformas de divulgação *WEB*.

- **Representação 3D com base no levantamento arqueológico tradicional**

O processo de modelação foi precedido de uma análise muito cuidadosa de toda a informação arqueológica disponível. Esta informação compreende não só as plantas e cortes produzidas durante a escavação, mas também as propostas de reconstrução do edifício.

Os primeiros modelos tridimensionais de estruturas urbanas de Braga foram elaboradas com ferramentas de desenho assistido por computador e de modelação (ver figura 5). O processo de repre-

sentação tridimensional compreendeu várias fases (Bernardes e Martins 2004): (1) modelação geométrica de estruturas e respetiva evolvente, (2) texturação dos modelos geométricos, (3) integração dos diferentes modelos, (4) definição de um modelo global de iluminação e (5) renderização da representação virtual.

Para além dos modelos produzidos com base na metodologia da modelação de sólidos construtiva, foram ensaiadas também reconstruções 3D a partir da modelação procedimental. Esta técnica permite criar ambientes urbanos detalhados, usando um conjunto de regras configuráveis (Heagler et al. 2009). A correta definição das regras de modelação, combinadas com as plantas e informação alfanumérica disponíveis no sistema de informação da UAUM, permite agilizar todo o processo de modelação e minimizar o trabalho manual necessário na modelação de sólidos. Naturalmente, não se pretende que a primeira metodologia seja substituída pela



Fig.: 6. Reconstrução 3D baseada em modelação procedimental

segunda, mas antes que se complementem no sentido de criar modelos de representação mais rigorosos. Na figura 6 podemos observar a representação de parte das ruas de Braga com base no livro “Mappa das Ruas de Braga” (1750), cujas ilustrações foram também adequadas para a texturação dos modelos.

- **Representação 3D a partir de imagens digitais.**

A representação bidimensional de realidades tridimensionais gera com frequência perda de informação (ReReu et al. 2013). Para minimizar estas perdas de informação podemos utilizar técnicas da computação visual, tais como os algoritmos de esté-

todologia foi parte do edifício da reitoria da Universidade do Minho. O levantamento foi executado em 20 minutos e compreendeu a produção de 205 fotografias em torno das três fachadas que ladeiam a entrada principal do edifício. Para a primeira reconstrução foram selecionadas 33 fotografias e obteve-se uma primeira reconstrução, com o *123DCatch*, volvidos 30 minutos. Para melhorar a qualidade da reconstrução foram identificados, de forma manual, vértices comuns em cinco imagens diferentes. Este procedimento permitiu melhorar a representação inicial e gerar um modelo com 28255 vértices a uma malha de 54945 triângulos (ver figura 7).



Fig.: 7. Reconstrução 3D baseada em imagens

reo-reconstrução densa e de *SfM* (*Structure from Motion*), que criam superfícies tridimensionais de objetos. Estas técnicas já são utilizadas em algumas escavações arqueológicas, que, para além das vantagens para um registo arqueológico rigoroso permite a utilização de dados tridimensionais reais no processo de visualização (Hermon et al., 2012).

Na UAUM foram conduzidos vários levantamentos com dois pacotes de software gratuitos (*123DCatch* da Autodesk e *VisualSfM*) que permitiram a geração de nuvens de pontos e a representação de malhas 3D de elevada precisão. Todos os levantamentos foram efetuados com uma máquina fotográfica *Canon EOS 550D* e a reconstrução 3D foi levada a cabo numa estação de trabalho *Fujitsu Celsius W520* com processador *Intel Xeon CPU E3-1240 V2 (3,4GHz)*, *16GB* de memória, sistema operativo de *64 bit (Windows 7)* e placa gráfica *nVidia Quadro 2000D* de *1GB GDDR5*.

Um dos espaços representados com esta me-

5.- Conclusão

O SI da UAUM, definido de um modo estruturado e modular, tem evoluído funcionalmente de uma forma iterativa. Se por um lado o próprio SI vai incorporando novos dados e funcionalidades, para acompanhar as crescentes solicitações que a investigação arqueológica vai criando, por outro lado vai integrando os resultados produzidos a partir dessa investigação.

Para além disso é manifestamente evidente que o SI constitui uma mais-valia na consistência e na celeridade com que os modelos tridimensionais são produzidos. Por outro lado, os modelos obtidos a partir de tecnologias baseadas em imagens são integrados no SI, enriquecendo a informação disponível sobre a cidade de Braga.

Este modelo integrado de dados alfanuméricos, com informação vetorial, imagens e modelos

3D preserva a informação arqueológica com eleva-
da precisão e detalhe, permitindo a qualquer mo-
mento a construção de novos modelos interpretati-

vos.

6.- Bibliografia.

- ALVES, F.; NUNES, H. B.
1974-77 O Salvamento de Bracara Augusta: 1- O campo arqueológico da U.M. (Braga). Breve história, Organização e objectivos. **O Arqueólogo Português**, 3ª série, 7/9, pp. 416-423. Lisboa.
- BERNARDES, P.
2002 **Arqueologia urbana e ambientes virtuais: um sistema para Bracara Augusta**. Tese de Mestrado policopiada. Universidade do Minho. Braga.
- BERNARDES, P.; MARTINS, M.
2004 Computer graphics and Urban Archaeology: Bracara Augusta's case study. **Portuguese Journal of Computer Graphics**, Special Edition of Virtual Journal, Advances of Computer Graphics in Portugal, Lisbon.
- BOTICA, N.
2004 **Servator : modelo preditivo de apoio à prospecção arqueológica**. Dissertação mestrado, Universidade do Minho. <http://hdl.handle.net/1822/4842>
- BOTICA, N.
2011 Heritage Information System. **Actas de III International seminar archc_3d - conservation, restoration and rehabilitation: surveying methodologies**. Lisboa
- BOTICA, N.; MARTINS, M.
2008 Gestão de Sistemas de Informação em Arqueologia. A experiência de Bracara Augusta. **Actas do 1 Congresso Internacional de Arqueologia de Vilalba**, 79-83. Vilalba
- BRAGA, C.
2010 **Os rituais funerários romanos em Bracara Augusta**. Tese de Mestrado policopiada. Universidade do Minho. Braga.
- DE REU, J.; PLETS, G.; VERHOEVEN, G.; DE SMEDT, P.; BATS, M.; CHERRETTÉ, B.; DE MAEYER, W.; DECONYNCK, J.; HERREMANS, D.; LALOO, P.; VAN MEIRVENNE, M.; DE CLERCQ, W.
2013 Towards a three-dimensional cost-effective registration of the archaeological heritage, **Journal of Archaeological Science**, 40 (2), 1108-1121
- EVANS, T. L.; DALY, P.
2006 **Digital Archaeology — Bridging Method and Theory**. Routledge, London
- GIESTAL, C. D.
1998 **Sistema de informação geográfica para a arqueologia urbana : o caso de Bracara Augusta**. Tese de mestrado policopiada, Universidade do Minho. Braga.
- HAEGLER, S.; MÜLLER, P.; VAN GOOL, L.
2009 Procedural Modeling for Digital Cultural Heritage. **EURASIP Journal on Image and Video Processing**, pp. 1-11.
- HERMON, S.; KHALAILY, H.; MILEVSKI, I.; AMICO, N.; IANNONE, G.; GETZOV, N.
2012 Archaeological Field Documentation and Architectonic Analysis - a 3D Approach. Ein Zippori as Study Case, Arnold, D., Kaminski, J e and Storck, A. (eds.). **Actas do VAST12: The 13th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage**. Brighton, UK. 113-120.
- KELLY, L. R.; THOMAS, D. H.
2011 **Archaeology**, 6ª Edition. Kindle Edition. Pág. 143.
- LEMOS, F. S.; LEITE, J. M.; CUNHA, A.
2007 A muralha romana (Baixo Império) de *Bracara Augusta*. Rodríguez Colmenero, A. e Rodá de Llanza, I. (eds.), **Actas del Congreso Internacional Murallas de ciudades romanas en el Occidente del Imperio. Lucus Augusti como paradigma**, pp. 329-341. Lugo.
- LLOBERA, M.
2011 Archaeological Visualization: Towards an Archaeological Information Science (AISc). **Journal of Archaeological Method and Theory**, 18 (3), pp.193 – 223.
- LOCK, G.
2003 **Using computers in archaeology: towards virtual pasts**. London: Routledge.
- MAGALHÃES, F.
2010 **A arquitectura doméstica de Bracara Augusta**. Tese de Mestrado policopiada, Universidade do Minho. Braga.
- MARTINS, M.
1997-98 A zona arqueológica das Carvalheiras. Balanço das escavações e interpretação do conjunto. **Cadernos de Arqueologia**. 14/15, pp. 23-45. Braga.
- MARTINS, M.
2005 **As termas romanas do Alto da Cidade. Um exemplo de arquitetura pública de Bracara Augusta**. Bracara Augusta. Escavações Arqueológicas I, UAUM/Narq. Braga.
- MARTINS, M.; DELGADO, M.
1989/90 As necrópoles de *Bracara Augusta*. A. Os dados arqueológicos. **Cadernos de Arqueologia**, Série II, 6/7, pp. 41-186. Braga.
- MARTINS, M.; LEMOS, F. S.
1997-98 Duas décadas de vida de um projecto: o Salvamento de *Bracara Augusta*. **Cadernos de Arqueologia**, 14/15, pp. 9-21. Braga.
- MARTINS, M.; BERNARDES, P.
2000 A multi-disciplinary approach for research and Presentation of Bracara Augusta's archaeological Heritage. **Archeologia e Calcolatori**, 11, pp. 347-357. Roma.
- MARTINS, M.; GIESTAL, C. D.
2001 O Projecto Siabra: Um sistema de Informação para a Arqueologia Urbana em Braga. **Actas do 3º Congresso de Arqueologia Peninsular**, X, pp. 43-61. Porto.
- MARTINS, M.; BOTICA, N.; BERNARDES, P.; LOUREIRO, E.
2008 Siabra - Bracara Augusta Information System. **Atas do 9th VAST International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage**, seção de poster, Braga.
- MARTINS, M.; RIBEIRO, M. C.
2013 Em torno da Rua Verde. A evolução urbana de Braga na longa duração. RIBEIRO, M. C. e MELO, A. (coord.), **Evolução da Paisagem Urbana. Transformação morfológica dos Tecidos Históricos**, CITCEM/IEM, pp. 11-44. Braga.
- MARTINS, M.; MAR, R.; RIBEIRO, J.; MAGALHÃES, F.
2013 A construção do teatro romano de *Bracara Augusta*. MELO, A. e RIBEIRO, M. C. (coord.), **História da Construção. Arquiteturas e técnicas Construtivas**, CITCEM, LAMOP, UAUM, pp. 41-76. Braga.

MARTINS, M.; FONTES, L.; CUNHA, A.

2013 Arqueologia Urbana em Braga: balanço de 37 anos de intervenções arqueológicas. **Atas do I Congresso de Arqueologia da Associação dos Arqueólogos Portugueses**, pp. 81-88, Lisboa.

2000

A Insula das Carvalheiras. Estudo de um exemplo de arquitectura Privada em Bracara Augusta. Tese de Mestrado policopiada, Universidade do Minho. Braga.

SILVA, R. C.