



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa



**Viver o Passado: Modelos tridimensionais e realidade virtual como
ferramentas de apoio à Arqueologia e à Reconstrução do Património**
O caso de estudo da *villa* romana do Casal de Freiria

Pedro Afonso da Silva Alfaro Marreiros Alvito

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
ARQUITECTURA

Resumo do Documento

Júri

Presidente: Professor Manuel Correia Guedes
Orientador: Professora Helena Rua
Arguente: Professora Luísa Caldas

Setembro de 2008

Viver o Passado: Modelos tridimensionais e realidade virtual como ferramentas de apoio à Arqueologia e à Reconstrução do Património: O caso de estudo da *villa* romana do Casal de Freiria

Pedro Afonso Alvito

Palavras-chave:

Modelo Tridimensional,
Cenários Virtuais,
Reconstrução do Ambiente Urbano-Socio-Arquitectónico,
Visualização do Espaço Recriado,

Introdução

A presente dissertação descreve o Trabalho de Final de Ciclo, desenvolvido no âmbito do Mestrado Integrado de Arquitectura, no ano lectivo de 2007/08, e investiga a implementação de programas de modelação virtual que possam ser, genericamente, aplicados à construção e, em particular, à reconstrução.

Assim, escolheu-se o tema “Utilização de Modelos Virtuais Para a Reconstrução do Património” que propunha executar a recuperação de Freiria – uma *villa* em meio rural da era romana, vocacionada para a produção agrícola – de modo a recriar o ambiente da época em que foi habitada.

Descrição do objecto de estudo

A *villa* romana de Freiria situa-se na freguesia de São Domingos de Rana (Concelho de Cascais, Distrito de Lisboa), numa das encostas do vale existente entre as localidades de Outeiro de Polima e Freiria.

As sondagens ao local, iniciadas em 1973 por iniciativa do Prof. José d’Encarnação e do Dr. Guilherme Cardoso, permitiram reconhecer a existência de um edificado composto pelo que pode ser designado como uma Casa Senhorial (*Domus*). Verificou-se ainda a existência de uma outra zona anexa, de apoio à produção agrícola com espaços para armazenamento de alfaias, prensas, lagares, um Celeiro e pequenos apartamentos que, provavelmente, correspondiam a habitações do pessoal auxiliar. A Sul destes dois complexos encontram-se os vestígios do que terão sido as instalações termais.

Contudo, a necessidade de adequar o espaço a novas funções, em virtude da extensão do período

de ocupação (do séc. I ao séc. IV a.C.), implica alguma incerteza em relação a estes dados.

Por outro lado, as limitações ao apoio dos trabalhos de campo levaram a que estes decorressem num curto período de tempo, e que, por sua vez, a metodologia de registo, numa aproximação inicial, fosse efectuada de modo expedito.

Foi apenas em 1995, quando se começou a proceder à escavação em área de forma sistemática, que se começou a efectuar o levantamento adequado aos propósitos arqueológicos

O conjunto de desenhos de levantamento, efectuado no local de modo a possibilitar esclarecer todas as dúvidas que pudessem surgir relativamente ao processo construtivo em questão, foram convertidos ao sistema informático por recurso a mesa digitalizadora.

Estes foram alguns dos elementos técnicos utilizados na reconstrução virtual de Freiria.

Objectivos do trabalho

Quem já participou numa campanha arqueológica compreende que o local raramente possui uma componente tridimensional muito demarcada. O espaço lê-se principalmente de forma bidimensional, sem correspondência visual nas inferências que se lhe fazem. Por outro lado, dificilmente será possível alguma vez efectuar a sua reconstrução física, quer pelos custos inerentes, quer pelo facto de se colocarem tantas hipóteses de reconstrução¹ para um único espaço.

Este trabalho propõem o recurso à modelação tridimensional como método de reconstrução do sítio, em módulo compatível com diferentes experimentações, e permitindo a análise do espaço à escala humana. Por sua vez, a utilização de descritores gráficos como meio de comunicação, será um modo privilegiado de edição e divulgação de conhecimentos por todas as camadas sociais.

Por último, pretende-se tirar elações sobre as potencialidades desta tecnologia como ferramenta de apoio à investigação científica.

¹ Uma hipótese de reconstrução refere-se a uma teoria (mais ou menos suportada pelos factos retirados do local e das diversas inferências realizadas sobre este) para o uso e forma arquitectónica de um determinado espaço.

Criação dos modelos tridimensionais com base no modelo CAD.

O levantamento arqueológico, tal como foi referido anteriormente, foi fornecido e já se encontrava em execução há vários anos. Assim, o trabalho de reconstituição baseia-se em dados pré-existentes, ainda que esta metodologia possa muito bem ser aplicada a um levantamento em fase de trabalho de campo.

Recolha de Informação

No início do trabalho foi possível recolher diferentes tipos de dados, em três principais formatos:

- 1 - Levantamento topográfico;
- 2 - Levantamento arqueológico;
- 3 - Levantamento fotográfico.

Levantamento topográfico

Foram fornecidos dois levantamentos topográficos distintos. Um criado com base nas cartas do exército (Esc: 1: 25 000); e outro, realizado a pedido dos Serviços da Câmara, a uma escala mais detalhada (Esc: 1: 1000).

Levantamento Arqueológico

O levantamento arqueológico já tinha sido convertido para formato digital quando foi disponibilizado.

O levantamento consistia em dois ficheiros diferentes. O primeiro, resultante do levantamento planimétrico e altimétrico do local, à escala 1: 20 e registado em papel milimétrico, com grande detalhe de todos os elementos. O segundo possuía o mesmo tipo de informação mas mais resumida, de grandes troços de estruturas de toda a escavação, com a indicação geral do traçado dos muros, do tipo de pavimento encontrado e do uso possível afecto a cada área.

Ambos os ficheiros foram otimizados, para reduzir o número de elementos não essenciais à modelação.

Com este tratamento da informação (remoção de excessos), o processo concluiu-se com a compilação de todos os dados num ficheiro único.

Assim, o ficheiro CAD compilado era composto pelas seguintes *layers*:

- Levantamento topográfico;
- Levantamento arqueológico (planimétrico e altimétrico), com a informação à escala 1:20 (pedra a pedra);
- Levantamento arqueológico geral (estrutural), com a informação à escala 1: 100 (contornos dos muros);

- Levantamento arqueológico geral (não-estrutural), com a informação à escala 1: 100 (aquedutos, e outros elementos);

- Excerto da quadrícula de 2x2m utilizada no trabalho de campo.

Levantamento fotográfico

O levantamento fornecido consiste na colecção de fotografias de registo das escavações e sondagens, da responsabilidade do próprio arqueólogo responsável, Dr. Guilherme Cardoso; foram igualmente disponibilizadas algumas fotos aéreas do local, efectuadas quer pela F.A. - Força Aérea (fotos perpendiculares), quer por voos particulares (fotos oblíquas), fornecidas pelo IPCC - Instituto Português de Cartografia e Cadastro.

As fotos são extremamente úteis para um trabalho desta natureza, pois permite aferir todos os pormenores relativos ao modelo que não são possíveis discernir por outros meios, a nível de geometria, localização no espaço e textura.

Com toda a informação devidamente compilada, o passo seguinte foi a importação dos dados bidimensionais no *software* de modelação tridimensional.

Modelação Tridimensional

De modo a permitir diferentes hipóteses de reconstrução, decidiu-se que o modelo tridimensional iria representar, em camadas separadas, o seu estado actual e as diferentes inferências que se venham a equacionar para aquele espaço.

O *software* utilizado, Autodesk™ 3ds Max 2008, foi escolhido por uma questão de disponibilidade/acessibilidade e por não ser necessária formação extra.

Preparação do ficheiro de trabalho

Antes de se proceder à importação, foi necessário alterar o sistema de unidades do *software*, bem como a escala das unidades do *software*. O *software* de modelação tridimensional não funciona directamente em unidades métricas ou imperial, mas baseia-se em unidades genéricas. Este passo é também necessário para fazer coincidir as medidas reais com as unidades do motor de jogo. De seguida procedeu-se à importação do ficheiro em formato DWG.

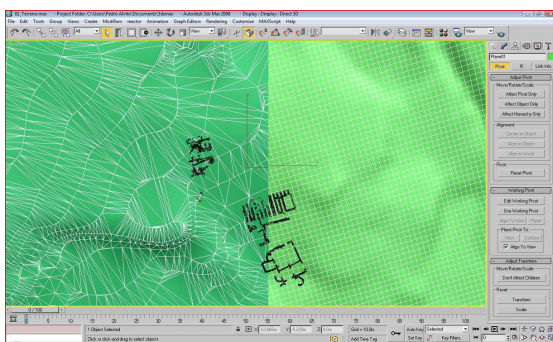
Criação do modelo de terreno

O primeiro objecto a ser modelado foi o terreno. O objectivo era criar uma malha de terreno que simulasse de forma fidedigna o real, e que

permitisse determinar facilmente a posição de qualquer elemento, quer já escavado, quer descobertos em escavações futuras. Tornou-se assim necessário replicar de alguma forma a grelha usada aquando das escavações iniciais.

O modelo tridimensional inicial do terreno foi criado usando uma ferramenta própria do software, denominada *Terrain*.

Após a criação do modelo original, foi criado um plano composto por faces quadrangulares com 2 metros de lado. De seguida bastou aplicar uma operação de *Conform*. Esta operação move os vértices de um modelo até eles colidirem com a superfície de outro. O resultado foi uma mesh com o formato do terreno, mas composta de vértices dispostos numa quadrícula de 2x2 metros.



Modelação do Presente

O modelo dos muros descobertos nas escavações é composto por dois tipos de geometria, derivada dos dois levantamentos arqueológicos disponíveis.

O levantamento arqueológico altimétrico era composto por um conjunto de polígonos fechados, a diferentes cotas. Dado que aferir a altura exacta de cada pedra era impossível, e pouco relevante para o estudo, decidiu-se atribuir a todos os elementos a altura genérica de 10cm, ou mais especificamente, -10cm, para manter a cota correcta.

Com as pedras devidamente modeladas aos propósitos do trabalho, utilizou-se o levantamento arqueológico geral para criar a



geometria dos muros, até à cota estabelecida pelas pedras.

Dado que o levantamento topográfico não tinha em consideração as alterações ao terreno efectuadas pelas escavações, foi necessário proceder a alguns ajustes na geometria através da subdivisão da mesh.

Reconstrução do passado

Para exemplificar o processo de reconstrução que se pretende tomar com este método, decidiu-se focar o trabalho no celeiro. Isto por ser a peça central do local, e por corresponder àquela sobre a qual existem hipóteses de reconstrução mais concretas.

O trabalho começa com a recolha de informação, através de entrevistas com os arqueólogos responsáveis. Isto permite definir à partida as hipóteses de reconstrução que estão a ser ponderadas no momento, pois são essas que se planeia testar com este modelo. A investigação efectuada até ao momento indica que o celeiro possuía uma estrutura principal em madeira, revestida a colmo, com uma cobertura também em colmo.

A modelação seguiu os passos de uma construção normal. Assim, começou-se por modelar as fundações. Assente directamente na fundação encontra-se a subestrutura composta por barrotes de madeira dispostos perpendicularmente àquelas. Este subsistema nivela e apoia a estrutura principal, assim como o pavimento. A estrutura principal do espaço do celeiro é composta por um conjunto de pórticos em madeira, que definem também as pendentes para a cobertura. Estes pórticos assentam na subestrutura, e são colocados directamente por cima das fundações, para que estas suportem o peso da construção.

As paredes laterais e as posteriores, feitas de colmo, foram modeladas criando uma série de vigas de suporte em madeira, que unem os vários pórticos. Nessas vigas são assentes os vários panos de colmo, criados a partir da modelação de um plano, para simular o colmo pendurado nas vigas. Apenas a fachada principal do celeiro, onde se crê estar a porta de acesso, foi preenchida a madeira.

A modelação do telhado começou com a criação dos caibros assentes nos pórticos. Assente nestes encontram-se os planos de colmo. Para completar o modelo do celeiro foram criadas estruturas de prateleiras onde se colocariam os cereais, assim como a entrada de ar para ventilação que se supõe ter existido na zona anexa.

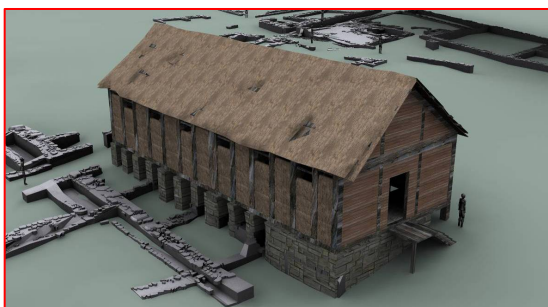
Foi também modelado o acesso ao celeiro. Visto este estar sobrelevado por questões de ventilação e conservação dos cereais, era necessário um acesso a essa cota.

A forma final do celeiro ainda está aberta a várias hipóteses de reconstrução, pois não há indicações de altura, a colocação das fundações também não é muito clara, e o acesso ao seu interior pode ter várias interpretações. Isto leva a que sejam necessários vários modelos com as diversas hipóteses de reconstrução.

Tratamento pós-modelação

Com a fase de modelação terminada, e antes de se proceder à exportação para o modelo de realidade virtual, é necessário fazer a correcta texturização do modelo, para ajudar a criar realismo na cena, e a discernir os diferentes materiais de construção. O trabalho de texturização de cada sólido consiste em dois passos complementares: a criação do mapa UVW; e a aplicação dos vários mapas de textura.

A texturização do modelo do celeiro é composta por um conjunto de mapas de textura, aplicados a cada um dos objectos, e acompanhados pelos respectivos mapas de *bump*. Cada mapa representa um material diferente, o que é adequado ao método de modelação escolhido. Como cada objecto representa apenas um material/revestimento, não há necessidade de criar materiais compostos que lidem com texturas múltiplas.



Modelo virtual

O modelo de virtual foi criado recorrendo ao editor de mapas de um jogo comercial popular. O jogo corre sobre o motor de jogo Gamebyro, que vem equipado com um motor gráfico, um motor de física, Inteligência Artificial, e um software de produção de vegetação em tempo real.

Outra das potencialidades do *software* diz respeito à criação de avatares com Inteligência Artificial. O *software* já possui uma série de scripts de IA facilmente modificáveis, para definir acções diárias (um escravo a levantar-se de

manhã para ir trabalhar nos campos e voltar para casa à noite) ou reacções a estímulos exteriores (um guarda que defende a *villa* em caso de ataque). Também é possível definir diálogos e reacções a determinados diálogos.

Exportação

O software de edição de mapas requer que a geometria, a geometria de colisão e os mapas de textura estejam convertidos para um tipo de ficheiro próprio.

Importação do modelo final

A importação de modelos para o editor é muito simples, bastando criar um objecto novo, indicando a localização do modelo a utilizar. Como o processo de exportação já implica acrescentar a localização das texturas, todo o restante processo é automático, assumindo que os ficheiros estão todos nos locais correspondentes. O processo de colocação é muito intuitivo, ao estilo “*drag-and-drop*”, onde se arrasta o objecto de uma lista para a cena.

Criação da envolvente: Vegetação e IA

A introdução de vegetação baseia-se dentro do possível no levantamento fotográfico do local. O software utilizado já possui uma biblioteca extensa de vegetação, com diversos tipos de árvores e arbustos, totalmente animados e texturizados, o que facilita o processo. A sua implementação é igual à dos restantes objectos, bastando arrastar o modelo pretendido para o local desejado na cena. Outros objectos, como mobiliário ou utensílios de trabalho, podem também ser adicionados. O editor possui um vasto conjunto de objectos decorativos que podem ser utilizados, permitindo acrescentar um maior nível de realismo e envolvimento à cena, sem que seja necessária uma modelação extensiva de vários objectos.

A inteligência artificial é implementada por introdução de personagens em cena. As personagens são modelos de humanos que, para além de poderem ser equipados conforme o necessário, permitem a edição do corpo e da face para individualizar características; permitem também a adição de scripts de IA que lhes atribuem um conjunto pré-determinado de acções e reacções. Os scripts podem definir acções simples como deambular; ou acções complexas como um horário diário definido, reacções à envolvente ou diálogos pré-definidos.

No caso do modelo virtual, o interesse da aplicação de IA está na possibilidade de criar os

diversos intervenientes do dia-a-dia de uma villa como a de Freiria, e possivelmente retirar algumas elações da sua análise.

Integração com o motor de jogo

A visualização do modelo faz-se através do jogo em si, dado que este software actua como um editor dos mapas existentes. No ambiente de jogo, o nosso avatar pode movimentar-se por todo o mapa, recorrendo a uma combinação teclado+rato, comum em jogos de computador. Também estão disponíveis comandos auxiliares para ajudar na visualização, que permitem ligar ou desligar as colisões de objectos, libertar a câmara do *avatar*, entre outros. A nossa “personagem” pode interagir com objectos e outras personagens; e visualizar o espaço envolvente de todos os ângulos, em tempo real.



Conclusões

A incerteza é uma constante no processo científico da investigação arqueológica. Na vasta maioria dos casos não existem dados suficientes para chegar a conclusões concretas. E este facto agrava-se quando nos deparamos com exemplos onde os vestígios encontrados até ao momento correspondem a datas de ocupação com séculos de afastamento, como o da villa de Freiria. Em todo esse tempo, a villa foi construída, reconstruída e adaptada inúmeras vezes; e conseguir atribuir um uso para um determinado espaço é uma tarefa indiscutivelmente subjectiva.

Parte integrante deste processo de investigação é a criação de hipóteses para o que um determinado espaço poderá ter sido. Estas hipóteses são baseadas nos vestígios encontrados, e no conhecimento que os intervenientes possuem sobre a matéria.

Muitas vezes estas hipóteses – especulações – são acompanhadas por uma representação bidimensional, um desenho. É a forma mais expedita de se confrontarem ideias, pois é muito mais fácil estabelecer um raciocínio sobre um qualquer elemento físico quando existe uma representação gráfica deste mesmo.

Mas as representações bidimensionais são muitas vezes incompletas (representam apenas a planimetria dos edifícios, e não como eles teriam sido), o que impede os arqueólogos de compreender e transmitir a verdadeira magnitude das suas teorias.

Os modelos tridimensionais há muito que são utilizados em arqueologia como forma de representar um ou vários elementos, e são a forma ideal de divulgação de um objecto arqueológico, seja ele uma peça única, ou toda uma cidade ou civilização. Nos tempos de hoje, onde a internet é a principal fonte de conhecimento, e toda a informação que queira ser vislumbrada deve ser o mais virtual e interactiva possível, as representações tridimensionais são uma aposta ganha.

Mais, as novas técnicas de levantamento arqueológico, com recurso a scanners laser, scanners de luz branca, fotogrametria, entre outras, permitem uma transição do real para o virtual mais eficaz. O papel e o lápis, a régua e a fita métrica, são elas também cada vez mais parte da História.

Foram essas premissas que levantaram a questão da utilidade de um modelo tridimensional como instrumento de apoio à investigação arqueológica, em vez de se limitar a representar uma hipótese.

A utilização de um motor de jogo para garantir qualidade visual em tempo real, e a utilização de um software de edição de mapas de jogo, muito intuitivo e completo com um conjunto de ferramentas facilmente adaptáveis ao trabalho em causa, foi sem dúvida conseguir alcançar os objectivos propostos. A qualidade da envolvência que se obtém é muito superior ao que qualquer software de realidade virtual “profissional” consegue obter, e abre portas para a adaptação futura destes softwares a um uso mais específico. Os primeiros passos já foram dados nos campos da arquitectura e urbanismo, e espera-se que num futuro próximo, este tipo de serviço seja também acessível de forma comercial, como mais um modo de divulgação da informação.

A questão do uso de equipamento de scanners laser nos levantamentos arqueológicos levanta outro ponto importante de focar: a interdisciplinaridade obrigatória numa investigação deste tipo. A investigação arqueológica só tem a ganhar com o apoio e a experiência de especialistas em História, Arquitectura, Estruturas e, neste caso, de um especialista em modelações e animações tridimensionais. Um membro da equipa que participe em todos os passos, e que compreenda

perfeitamente o alvo de estudo, ao invés de um profissional contratado apenas para fazer o modelo. Desta forma, o modelo é criado à medida que a análise do terreno é feita, e os resultados podem ser vistos e analisados enquanto o trabalho se desenrola, e não semanas ou meses depois.

Não se pode afirmar que a criação do modelo neste trabalho prático tenha respondido decisivamente às questões existentes, mas permitiu à equipa de investigadores experienciar de uma forma completamente nova o resultado das suas teorias, inclusivamente perceber as sensações que o ambiente criado incute aos seus utilizadores, e acabou por levantar algumas questões prementes, que dificilmente seriam postas se o espaço nunca fosse visto a três dimensões.

Bibliografia-Chave

[04] RUSSO, MARIO - *Polygonal Modeling: Basic and Advanced Techniques*
Wordware Publishing, Inc., 2005
ISBN-13: 978-1598220070

[10] MACAULAY, David – *A cidade: Planificação e Construção de uma Cidade Romana*
Houghton Mifflin Co., 1978

[13] CARDOSO, G; D'ENCARNAÇÃO, J – “A villa romana de Freiria e o seu enquadramento rural”,
Separata de *Historia Antigua*, vol. X-XI
Ediciones Universidad Salamanca, 1993

[24] The Elder Scrolls Construction Set Wiki.
Disponível em:
http://cs.elderscrolls.com/constwiki/index.php/Main_Page (24-09-2008)



Reliving the Past: 3D models e Virtual Reality as supporting tools for Archaeology and Reconstruction of Cultural Heritage: The study case of the roman villa of Freiria

Pedro Afonso Alvito

Keywords:

3D Model
Virtual Scenarios
Recreation of Social, Urban and Architectural Environments
Visualization of a Recreated Space

Introduction

This thesis reports the investigation performed on the applicability of 3D modeling software in the areas of building and, especially, rebuilding.

Thus the theme “3D models and the rebuilding of Cultural Heritage”, that proposes to rebuild Freiria - a roman villa specialized in agriculture – recreating the physical and social environment.

Depiction of the study object

The roman villa of Freiria exists in São Domingos de Rana, Cascais, on the shoulder of one of many valleys between the villages of Outeiro de Polima and Freiria.

The surveys made on site, which began in 1973, by the own initiative of archaeologists José d’Encarnação and Guilherme Cardoso, allowed them to recognize the existence of a building complex that could be called the Lord’s home (*Domus*). Around this complex they also found remains of a storage area, a Granary, a press and a bath house, as well as smaller homes, which probably served the slaves.

However, the need to change the space and its uses, very common on buildings with such a long occupation period (1aD to 4aD), means that all the data recovered come with a high degree of uncertainty.

On the other hand, the limitation on support and funding of the surveys caused them to be performed in a very short amount of time, which in turn caused the method of registration to be somewhat rushed.

It was only in 1995 that the excavation proceeded systematically, and the surveys and registrations were recorded correctly and according to archaeological purposes.

The set of survey drawings, created on site to prevent misinterpretations of the building

processes, were eventually converted into digital form by means of a scanning table. Along with several topographic and photographic surveys, these were the main elements used in the virtual rebuilding of Freiria.

Objectives

Anyone who has previously participated on a archaeological campaign knows that the site rarely possesses a clearly defined 3D component. A space is usually read bidimensionally, with no visual correspondence to the theories that it presents. On the other hand, a physical rebuilding is nearly impossible to achieve, not only because of its costs, but mainly because there are so many hypotheses for what a given space could have been or have looked like.

This paper proposes the use of 3D modeling and Virtual Reality software as a means of rebuilding a site, in a way that allows several hypotheses to be experienced on a human scale.

It also proposes the investigation on the potential of using these softwares as a means of supporting archaeological investigation.

Creating the 3D model based on CAD data

The archaeological survey, as was mentioned before, was supplied and was the result of the ongoing investigation. Thus, even though the rebuilding is based on pre-existing data, this methodology can be applied to a site still being excavated.

Data Gathering

In the beginning of the work it was possible to gather three types of data:

- 1 – Topographic survey;
- 2 – Archaeological Survey;
- 3 – Photographic Survey.

Topographic Survey

Two different surveys were supplied. One based on military charts (Esc: 1: 25 000), bigger but less detailed, and a survey performed by the City Hall Services, in a smaller scale (Esc: 1: 1000).

Archaeological Survey

The survey consisted of two separate files. The first is an altimetric survey of the site, at a 1: 20 scale, drawn in milimetric paper, with a Great deal of detail regarding all elements and objects on site. The second one had a smaller depth of detail, must it referenced all the structures that exist, including walls, pavements and possible uses.

Both files were optimized, to reduce the amount of non-essential information. When the optimization process was completed, all the data was compiled into a single file, containing the following layers:

- Topographic survey;
- Archaeological Survey (altimetric), with detailed 1:20 information (stone by stone);
- Archaeological Survey (structural) with general 1: 100 information on the position of the several walls;
- Archaeological Survey (non structural) with various information, such as different types of pavement or the location of the aqueducts;
- Excerpt from the 2x2 meters grid that was used in the survey and the field work.

Photographic Survey

This survey consists of a collection of photographs that report the work done during the excavation and probing, taken by the archaeologist Guilherme Cardoso; there were also some aerial photographs, provided by the Air Force or taken during private flights over the area.

The photos are extremely useful for a work of this nature, because provide all the detail information regarding the model that are not possible to see in any of the other surveys, such as geometry, location and texture.

With all the information properly compiled, the next step was importing it into the 3D modeling software.

3D Modeling

In order to allow for different rebuilding hypotheses, it was decided that the 3d model would represent, in different layers, its current state and the various theories that may appear for its past uses. The chosen software was Autodesk™ 3ds Max 2008, because it was accessible at the time and required no extra time for training.

Preparing the work file

Before importing the information, it was necessary to alter the units system of the software, as well as its scale. This was a necessary step because the modeling software work with generic units, which must be scaled to fit the unit scale of the game engine, so objects will have the correct size once imported. Only then was the CAD information brought into MAX.

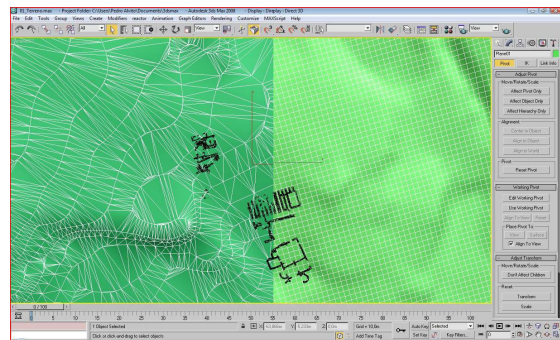
Creation of the terrain model

The first object to be created was the terrain, The objective was to create a mesh that would

accurately simulate the the real terrain, and allowed for easy placing of any object, whether it had been already dug up or not. Thus it became necessary to somehow replicate the grid used during the excavations.

The starting terrain model was created one of the tools existent in MAX, called Terrain. The result was a highly detailed but complex mesh.

After the original model was created, a second mesh was made, consisting of a large plane divided into 2x2 meter squares. This plane was the applied to the terrain model, using the Conform tool. This tool matches the height o the various vertexes that make up two surfaces, in order to match one to the other. The result was a terrain mesh that simulated the original, but was built of squares that matched the size and location of the original grid.



Modeling the Present

The model for the walls that are visible in the site is made up of two types of geometry, originating from the two surveys available.

The altimetric archaeological survey consisted of several closed polylines, each on a different height, representing the top stones of the walls. Because giving each stone its correct height would be very inaccurate and time-consuming, all stones were given the same generic height of -10cm. This allowed them to retain the correct height information.

With the stones modeled to this work's needs, the structural, generic survey was used to create the body of the walls, subdividing and extruding the solids to fit the height created by the stones.

At this point it became necessary to make



some adjustments to the terrain mesh, to compensate for excavated terrain that had not been taken into account in the topographic survey.

Rebuilding the past

As an example for the rebuilding process that this thesis aims to present, and given the time frame, it was decided to focus the work on the Granary. The granary is the center piece for the villa, and the building for which the archaeologists have the best theories.

The work begins with the gathering of information on the theories, through interviews with archaeologist and analysis of the 2D and 3D data that exists. This allows us to define which theories are going to be represented tested with this model. The investigation so far reveals that the granary had a wood structure, with a stem room and stem walls.

The model followed the normal steps of a construction, beginning with the stone foundations which are still in existence today. Working on top of the foundations is a sub structure made out of wooden beams that support the main wooden structure, as well as the pavement. This structure is made up of a series of porches that also defined the angle for the roof. The structure is aligned with the stone foundation.

The side and back walls are covered in stem, which is modeled to hang form a series of horizontal wooden beams that run along the porches. Only the front wall, which gave access to the granary, was made in wood.

The modeling of the roof began with the creation of the support beams that connect to the porches, and several layers of stem where then modeled on top. To complete the model a series of inner shelving units were created, as well as the access stairs, the wooden and stone pavement and the ventilation grid in the granary annex. The Access stairs where a necessity given the fact that these granaries were built on an elevated plane to allow for ventilation of the space.

The final shape of the granary is still opened to several different theories, because we have no indication of a correct height, and the access to the inside could have been made in various ways, thus the need to compare this model with different variations.

Post-modeling treatment

After the modeling stage, and before the model is imported into the game engine, it needs to be textured first. This adds realism to the

scene, by showing the different materials that form the granary.

Texturing is a 2-step process: first we apply the different texture and bump maps, and then we scale and position them correctly using an UVW map.

Each texture is composed of a texture map and the correspondent bump map. Each map represents a different material, which work with this method of modeling. Because each object represents only one material, there is no need to create more complex textures.



Virtual Model

The virtual reality model was created using the map editor of a known commercial computer game. The game runs on the Gamebyro game engine, which possesses a quality graphic engine, as well as physics and an AI engine. The software is also bundled with a vegetation program to create trees and bushes.

Another advantage of this software is the creation of AI-driven avatars. The programs already has a big list of editable AI scripts to manage moving scheduling of actions and interaction.

Importing to model

The model needs to be in the correct file type, determined when it's being exported. This file contains both the geometry and the collision geometry, and the links to the correct texture folders. This makes importing the object a very simple action, since all its required is to create a new object, and link it to the model file. All the textures will be loaded accordingly. Placing the object in the scene is simply a matter of dragging the new object from the list and dropping in on the scene, in the correct position.

Creating the environment: AI and vegetation

The vegetation is placed according to the photographic survey, as well as the archaeologists theories. The software already possesses a vast library of fully textured and animated vegetation, from small shrubs to massive trees, and they can all be loaded into the scene by drag-and-drop.

Other objects, like utensils and furniture, can also be loaded the same way. Because this is a fantasy medieval game, a lot of the objects can be used in the scene, saving a lot of modeling time.

The Artificial Intelligence is implemented through the placing of characters in the scene. Each character can be customized (shape of the face and clothing) to fit a role. They can also be fitted with custom AI scripts that provide them with a given set of actions and reactions to the environment. These actions can go from a simple stroll, to complex daily tasks and dialogue.

In the case of Freiria, it's interesting to try and recreate the social environment, creating the various characters, from slaves to landlords, and draw conclusions from observing their behavior.

Interacting with the game.

Visualization of the model is done through the game itself, since the scene is loaded as a custom map. Inside the game, our avatar can move and look freely, by using a free-look camera and a combination of keyboard and mouse moves, common in first-person games. It's also possible to use additional command for added movement, such as free-camera, toggling collisions, or changing the weather conditions.



Conclusions

Uncertainty is a constant in the field of archaeological research. In the vast majority of cases there just isn't enough data to reach a definitive conclusion. And the cases –such as the case of Freiria – where the remains are the result of centuries of different occupations are even harder. In all of that that, the villa was built, rebuilt and adapted countless times, and appointing a specific use to a space can be a very subjective matter.

A big part of this process is the creation of hypotheses for the particular use of a building of space. These theories are based on the remains,

and all the knowledge that the researchers have acquired in the past.

Very often these hypotheses, or speculations, are represented on a bidimensional sketch or blueprint; a drawing. It is the quickest way to put an idea to the test, because it's easier to articulate a thought regarding an object when we have a representation of that object. But 2-dimensional representations are incomplete, since they are mostly blueprints of the area, and do not represent the actual object. This hinders the work of an archaeologist.

3D models have long been used in archaeology as a means to represent one or several elements, and are currently the ideal way to convey information regarding an object, a city or a whole civilization. Nowadays, the internet is the primary means for sharing information, and the consumers require it to be more and more a complete interactive experience.

Another new technology is now available to archaeologists, in the form of 3D scanning. Be it through laser scanning or white light scanning, these machines reduce the bridge between the paper and the 3D model, and allows for a more accurate depiction of a site. Paper and pencil are they themselves a part of History now.

It were these facts that raised the issue of how useful a 3D model can be as a support tool for archaeology, and for archaeological research, instead of acting simply as a means of displaying information.

The use of a game engine to create the scene, assuring the graphical quality and the environmental tools (AI, physics and vegetation), along with a very intuitive and user-friendly map editing software, was definitely the right choice, and allowed for the achieving of all the goals this thesis had set. The experience of visiting this virtual scene is far greater that what a commercial software would achieve, and it opens a world of The first steps have already been taken in Architecture and Urban Planning, and archaeology is only a small step behind. It is our hope that, in the near future, this technology will be available in a fully commercial way.

Also, the matter of using scanners for surveying purposes raises another point: archaeological teams nowadays need to be as multidisciplinary as possible. The research can only gain from having different inputs from experts in different areas: Architecture, Structural engineering, and in this case, a 3D modeling and animation. A team member that actually participates in the research, while it's being performed, instead of someone hired after the

research is done to sculpt an object. This way, the models are created while the investigation is being made, the results can be seen on site, and conclusions may be drawn faster and more efficiently.

In the end, one cannot claim that the thesis answered all the questions undoubtedly. But it allowed the team of archaeologists to experience their theories in a completely new way, and it did manage to raise some important issues, that would otherwise be overlooked, should the space never be seen in fully three-dimensional way.

Key references

[04] RUSSO, MARIO - *Polygonal Modeling: Basic and Advanced Techniques*
Wordware Publishing, Inc., 2005
ISBN-13: 978-1598220070

[10] MACAULAY, David – *A cidade: Planificação e Construção de uma Cidade Romana*
Houghton Mifflin Co., 1978

[13] CARDOSO, G; D'ENCARNAÇÃO, J – “A villa romana de Freiria e o seu enquadramento rural”,
Separata de *Historia Antigua*, vol. X-XI
Ediciones Universidad Salamanca, 1993

[24] The Elder Scrolls Construction Set Wiki.
Disponível em:
http://cs.elderscrolls.com/constwiki/index.php/Main_Page (24-09-2008)

