

Combinando mapas de papel e smartphones na exploração do património cultural

Antero Pires*, Teresa Romão*, Fernando Birra*, Luís Marques^{†‡}, José António Tenedório[‡]

*NOVA LINCS - FCT/UNL, Quinta da Torre, 2829-516 Monte da Caparica, Portugal

[†]CPSV - ETSAB/UPC, Avinguda Diagonal, 649-651, 08028 Barcelona, Espanha

[‡]CICS.NOVA - FCSH/UNL, Av. Berna, 26-C, 1069-061 Lisboa, Portugal

aa.pires@campus.fct.unl.pt, tir@fct.unl.pt, fpb@fct.unl.pt, lmarques@igamaot.gov.pt, ja.tenedorio@fchsh.unl.pt

Resumo—Os mais recentes avanços tecnológicos permitiram o rápido crescimento de dispositivos capazes de Realidade Aumentada (RA). Estes poderão ser a chave para uma nova experiência de exploração do património cultural e histórico, actualmente muito dependente de informação estática ou aplicações móveis que podem não proporcionar uma visão contextualizada aos seus utilizadores. Neste artigo, exploramos novas formas de interacção com os tradicionais mapas de papel turísticos, através de mecanismos de Realidade Aumentada, mostrando informação contextual associada a locais culturais e históricos. Combinando um mapa de papel com um smartphone, o utilizador pode ver representações virtuais de elementos culturais, manipulá-los em 3D, sobrepor cartografia histórica, ver informação multimédia relevante, entre outros. Também analisamos reacções e feedback obtido de um teste preliminar de utilizadores, onde comparámos a nossa abordagem a uma baseada num mapa digital.

Palavras-chave—Realidade Aumentada, Computação Móvel, Mapas em Papel, Património Cultural e Histórico

I. INTRODUÇÃO

Ao longo da História, a humanidade teve que adaptar e desenvolver várias infraestruturas para melhorar a sua vida, quer por motivos de subsistência, ou lazer. Tais feitos, que tiveram uma importante contribuição para a vida moderna, são representados por locais que resistiram ao passar do tempo e fazem parte do nosso património cultural e histórico.

Explorar novas maneiras de interacção e divulgação destes locais é um desafio numa sociedade moderna, onde as pessoas tendem a estar focadas nos seus smartphones, sem darem conta do que se encontra à sua volta.

Os avanços tecnológicos nos últimos anos permitiram que tivéssemos praticamente todo o mundo dentro do nosso bolso, graças aos smartphones. Pequenos mas poderosos, oferecem uma vasta gama de recursos, como sensores de localização, câmaras, acesso à Internet e processamento gráfico. Este potencial pode ser explorado na criação de novas formas de comunicação entre o utilizador e o património.

A divulgação de locais culturais e históricos está correlacionada com a maneira como são apresentados a potenciais visitantes. Frequentemente esse tipo de locais podem passar despercebidos devido à pouca ou nenhuma informação disponível sobre a sua existência. Painéis informativos em mau estado ou indisponibilidade da informação na linguagem nativa do utilizador, são algumas das maneiras mais comuns de destruir o elo de comunicação entre visitantes e locais, deixando

peçoas interessadas sem saber que funções e importância o património teve na sua época histórica.

Mesmo quando esses problemas não estão visivelmente presentes, muitas vezes a informação existente consiste em elementos estáticos, limitando a interacção humana a apenas ver, ler ou deslocar-se para o próximo local. Dispositivos especializados em interactividade mais elaborada implicam investimentos e custos de manutenção normalmente insustentáveis pelas entidades responsáveis pelo património, afastando efectivamente um tipo de conteúdo mais interactivo.

Um mapa turístico de papel e um smartphone são dois itens que habitualmente fazem parte do inventário de um turista. Um mapa turístico é fácil de encontrar e transportar, tem informação básica (e estática) [1] sobre o património mais relevante, a sua localização e por vezes uma pequena representação 2D. Disponibilizam uma maneira familiar e fácil de planear uma visita ou navegar numa cidade, proporcionando uma vasta vista geral da área que cobrem, algo difícil de alcançar num pequeno ecrã de um dispositivo móvel.

Todavia, a procura por informação mais detalhada requer frequentemente, a obtenção de panfletos adicionais ou a utilização do smartphone para uma pesquisa que pode não ser tão rápida como esperado, devido à possibilidade de se ter de filtrar resultados não desejados.

Propomos um sistema que tira partido dos benefícios dos mapas em papel e ultrapassa as suas limitações. Recorrendo à Realidade Aumentada, podemos transformar um mapa de papel num mapa dinâmico, capaz de fornecer informação contextual em tempo real aos seus utilizadores. Dado ser dinâmica, esta informação é facilmente actualizável sem ser necessária a reimpressão ou substituição do seu mapa de papel base e pode ser teoricamente infinita, podendo os utilizadores seleccionar que informação querem ver num dado momento.

O nosso sistema procura proporcionar aos utilizadores uma maior sensibilização pelo património cultural e histórico, ajudando-os a preparar as suas visitas com antecedência e notificando-os sobre locais interessantes e menos conhecidos, que podem estar nas suas imediações durante um passeio, bem como informá-los sobre os detalhes históricos e outros conteúdos acerca desses locais. Como base para os nossos testes, utilizámos o Aqueduto das Águas Livres em Lisboa, devido à diversidade de património pelo qual é constituído, como chafarizes, reservatórios e uma vasta rede de galerias subterrâneas, sendo que uma parte dela está aberta a visitantes.

Esta variedade de locais associados ao aqueduto, as suas relações directas não tão aparentes e os diferentes níveis de divulgação de alguns elementos foram factores-chave na escolha do Aqueduto das Águas Livres. O feedback dos utilizadores será importante, não só para estudar o impacto deste tipo de experiências interactivas na sensibilização e exploração do património cultural mas também para aperfeiçoar a aplicação, fornecendo recomendações para trabalho actual e futuro.

II. TRABALHO RELACIONADO

A investigação na área da Realidade Aumentada (RA) começou há mais de duas décadas. Segundo a continuidade virtual de Milgram e Kishino [2], a Realidade Aumentada situa-se entre os ambientes do mundo real e da Realidade Virtual. É parte do conceito de Realidade Mista onde objectos reais e virtuais estão presentes no mesmo ponto de vista. É uma tecnologia que permite ao utilizador observar o mundo real com objectos virtuais sobrepostos de tal maneira que aparentam co-existir no mesmo espaço, como se tratasse de objectos reais.

Azuma [3] estabelece duas escolhas de tecnologia para um sistema RA: Óptica, sendo parcialmente transmissiva e reflexiva; e Video que depende de câmaras de vídeo para exibir o mundo real ao utilizador. A exibição de RA começou por ser feita através de Head-Mounted Displays (HMD), mas falta de portabilidade e baixa aceitação social destes [4] levaram à procura de alternativas como a NaviCam de Rekimoto [5], cujo conceito pode ser encontrado hoje em dia nos smartphones.

O alinhamento dos objectos virtuais com o mundo real é conseguido com recurso a técnicas de rastreamento que dependem apenas de sensores (como GPS, giroscópios ou magnetómetros para determinar a localização e orientação), restreamento baseado em métodos de processamento de imagem (como marcadores) ou a técnicas híbridas.

Existem vários casos de estudo que exploram o potencial da Realidade Aumentada. O Archeoguide [6] é um bom exemplo da aplicação de RA ao património histórico, tendo sido projectado para ser um guia electrónico para locais históricos. O sistema assentava numa arquitectura baseada em cliente-servidor com três tipos de clientes: Um computador portátil com um HMD para mostrar modelos 3D (via Realidade Aumentada) de locais tais como eram na antiguidade e oferecer uma visita personalizada com base no perfil do utilizador, um tablet que usava DGPS para navegação e um palmtop (antecessor dos smartphones) que mostrava determinados elementos informativos e de multimédia em alguns pontos, tais como a animação de uma competição de atletas num local que fora um estádio. Olympia foi o local escolhido para os testes, onde foi instalado o equipamento necessário para providenciar uma ligação de rede e determinação de posição GPS. O teste recebeu boas reacções, com as críticas a recaírem sobre o tamanho pequeno do ecrã do palmtop e o desconforto de alguns utilizadores em usar o HMD.

Um dos primeiros casos de estudo foi o Touring Machine: A prototype campus information system [7]. Este protótipo, pretendia usar a RA para fornecer informação interactiva sobre

os edifícios de um campus universitário, que estavam presentes no campo de visão do utilizador. Pesava mais de 15kg e usava um computador numa mochila, um computador portátil, um HMD e sensores de orientação e GPS. Este hardware cabe hoje em dia num pequeno dispositivo como um smartphone.

MapLens é um outro caso de estudo muito próximo do contexto do nosso trabalho. Este estudo comparou o uso de duas soluções diferentes na realização de tarefas colaborativas em grupo. Uma solução (denominada DigiMap) usava apenas um smartphone com um software de mapas, enquanto que a outra aumentava um mapa de papel, num conceito chamado de "lente mágica" por Morrison et al. [8]. Os resultados dos testes (que eram uma espécie de caça ao tesouro em grupo) mostraram que, embora os utilizadores do MapLens tivessem alguns problemas na navegação, visto que o mapa tinha de estar numa superfície estável para ser detectado pelo smartphone, os membros desses grupos trabalhavam em conjunto e partilhavam o mapa, ao invés dos grupos do DigiMap, onde um utilizador usava o smartphone e os outros observavam os seus arredores. O conceito de "lente mágica" remonta aos anos 90 quando Fitzmaurice apresentou um sistema chamado Chameleon [9], que investigou como dispositivos móveis podem construir uma ponte entre objectos reais e informação gerada por computador, de acordo com a posição dos objectos. ARTourMap [10] é outro exemplo interessante que usa o conceito de "lente mágica" para exibir edifícios em 3D sobre um mapa em papel.

III. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Propomos um sistema que tira partido dos benefícios dos mapas de papel e ultrapassa as suas limitações, dotando-os com informação e elementos virtuais dinâmicos.

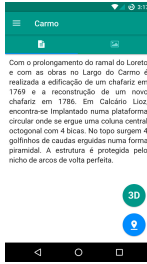
Destacamos os três componentes principais da sua arquitectura: Um componente de Realidade Aumentada para mostrar objectos virtuais no mapa de papel, um componente multimédia onde cada local tem conteúdo associado (actualizável através de um servidor web) e um componente de localização que ajuda o utilizador a descobrir locais que podem não ser facilmente vistos num passeio habitual. O sistema está centrado numa aplicação móvel (app) desenvolvida para smartphones Android, cujas funcionalidades pretendem melhorar a experiência do utilizador na visita e exploração do património cultural e histórico. A utilização está centrada (mas não limitada) em explorar o mapa de papel e a informação virtual exibida nele. Após executar a aplicação pela primeira vez, será pedido ao utilizador para descarregar a informação e conteúdo multimédia mais recente dos locais, numa tentativa de reduzir ao máximo possível o consumo de dados. Embora a app esteja focada no Aqueduto das Águas Livres, este conceito pode ser alargado a outro tipo de património.

A. Mapa de papel aumentado

O componente RA da app depende de um mapa de papel reconhecido através da framework Vuforia para colocar vários objectos 3D no mapa (Figuras 1a e 1c). Actualmente os elementos, que podem ser filtrados, incluem:



(a) Vários elementos virtuais sobre um mapa turístico de Lisboa: Cartografia, traçado e representações 3D



(b) Descrição



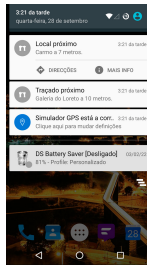
(c) Pormenor das representações 3D sobre o mapa



(d) Fotografias



(e) Vista de detalhe da representação 3D



(f) Serviço GPS

Figura 1. Screenshots da aplicação

- Representação 3D de locais, cujo detalhe pode inspecionado quando seleccionados (Figura 1e). Também se pode aceder a conteúdo adicional, tal como veremos mais à frente.
- Visualização selectiva de elementos que cobrem vastas áreas do mapa, tais como redes. Usamos o traçado do aqueduto como exemplo.
- Sobrepor outros layouts do mesmo mapa com conteúdo diferente e possivelmente de épocas diferentes. Como exemplo, usamos uma cartografia do século XIX da cidade de Lisboa feita pelo General Filipe Folque.
- Selecção de certos locais de acordo com a sua categoria ou propriedades. No nosso exemplo, é possível seleccionar chafarizes que foram deslocados da sua posição original e escolher locais de acordo com o seu tipo (chafarizes, reservatórios, entre outros).

B. Conteúdo multimédia

Cada local tem uma pequena descrição que salienta a sua data de construção, papel histórico e eventuais mudanças que sofridas ao longo do tempo (Figura 1b). Esta informação está disponível em português e inglês, com a possibilidade de se adicionar outros idiomas no futuro. Esta informação pode ser acompanhada por fotografias (históricas e actuais - Figura 1d),

videos e uma representação 3D que pode ser manipulada, tal como mencionado na secção do mapa de papel aumentado. No que diz respeito a locais, cuja visita poderá ter um custo e/ou horário, essa informação também é disponibilizada. O conteúdo multimédia é disponibilizado através de um servidor web, permitindo a adição contínua de informação actualizada, novos conteúdos e até mesmo novos locais. O nosso sistema está construído para conseguir ser usado em situações onde possa não haver uma ligação de dados imediata (seja por falta de cobertura de rede, WiFi, ou um plano de dados muito limitado como aqueles presentes em roaming). Por esse motivo, o conteúdo é armazenado localmente e o utilizador pode actualizá-lo sempre que deseje.

C. Serviço de localização

A app tira partido das funcionalidades de localização do smartphone de duas formas. Quando o utilizador está a ver o mapa de papel através do smartphone, e está dentro da área que o mapa cobre, um marcador 3D é colocado na sua localização actual, ajudando-o na obtenção de informação espacial contextual (seja ela impressa ou sobreposta), tais como património nas suas imediações. O utilizador pode também activar um serviço de localização, que emite uma notificação quando existe um local de interesse num raio de 150 metros dele (Figura 1f), esteja o smartphone na sua mão ou no bolso. Essa notificação, quando tocada, pode dar mais informações ou despoletar uma aplicação de navegação, direccionado o utilizador para o local. Este serviço é uma tentativa de minimizar a pouca visibilidade de locais menos conhecidos num passeio normal (por exemplo, o utilizador pode ser notificado acerca de uma galeria subterrânea do aqueduto, que passa por baixo da rua onde ele se encontra, e ver fotografias dela).

IV. AVALIAÇÃO

À data de escrita deste artigo, a app ainda está em desenvolvimento, sendo que algumas funcionalidades ainda estão a ser aperfeiçoadas. Não obstante, quisemos fazer uma primeira avaliação para analisar a reacção dos utilizadores a este conceito e às suas preferências. Para isso, utilizámos duas aplicações: uma que usa o mapa de papel com o smartphone (Aqueduct AR) e outra que usa apenas o smartphone com um mapa digital (Aqueduct Digital). Tirando a representação 3D no mapa (substituída por marcadores), esta versão tem as mesmas funcionalidades da Aqueduct AR. Esta avaliação foi feita com 15 potenciais utilizadores voluntários com idades entre os 21 e os 78 anos ($\bar{x} = 45$, $\sigma = 19.53$).

A. Metodologia

Antes de cada sessão individual, os participantes foram informados sobre o teste e as aplicações que iriam experimentar, executando duas vezes um conjunto de tarefas, um por cada aplicação.

O conjunto de tarefas consistia em escolher locais, inspecionar as suas representações 3D e informação associada, ver

o traçado do aqueduto para compreender a relação entre os diferentes locais e finalmente observar a cartografia histórica.

No final de cada sessão (que duraram em média cerca de 15 minutos), foi pedido aos utilizadores para responderem a um questionário, avaliando a sua experiência com as aplicações. O questionário começava por perguntar a idade e sexo dos utilizadores, seguido de um conjunto de afirmações que seriam classificadas numa escala de Likert entre discordo (1) e concordo (5). Finalmente, foi pedido aos utilizadores que indicassem qual versão da app que preferiam em diferentes situações de utilização, dando também a oportunidade de opcionalmente indicarem sugestões e comentários.

B. Resultados

No que diz respeito às funcionalidades gerais, os utilizadores concordaram que sobrepor o traçado do aqueduto ajudou-os a perceber a relação entre os vários locais ($\bar{x} = 4.47$, $\sigma = 0.52$) e acharam interessante a possibilidade de sobrepor cartografia histórica sobre o mapa ($\bar{x} = 4.6$, $\sigma = 0.63$).

Os utilizadores consideraram a Aqueduct Digital mais fácil de usar do que a Aqueduct AR ($\bar{x} = 4.47$ da Digital contra $\bar{x} = 4.13$, da AR com $\sigma = 0.64$ para ambas). Alguns tiveram dificuldades a utilizar a Aqueduct AR, principalmente na selecção do botão correcto para activar as opções de visualização do traçado e na manipulação dos modelos 3D, com alguns utilizadores a descobrirem como fazê-lo por tocarem acidentalmente no ecrã. Todavia, acharam a combinação mapa de papel + smartphone mais apelativa, ($\bar{x} = 4.33$, $\sigma = 0.62$ da Digital vs. $\bar{x} = 4.47$, $\sigma = 0.74$ da Aqueduct AR) salientando que esta proporciona uma melhor vista global da cidade aliada a vistas detalhadas dos diversos locais (através das representações 3D) e que os ajuda a planear e escolher quais os locais que querem visitar. As representações 3D sobre o mapa foram consideradas uma mais-valia ($\bar{x} = 4.73$, $\sigma = 0.59$). Um utilizador salientou que a abordagem do mapa de papel "estimula, por exemplo, crianças e jovens para [visitar] zonas históricas" pelo uso de objectos virtuais em 3D.

As críticas dos utilizadores estiveram relacionadas com o interface da vista de RA que precisa ser melhorado e o uso pouco prático do mapa em algumas situações. Este último problema reforçou a opinião unânime dos utilizadores de que a Aqueduct AR é mais indicada para uso numa superfície estável como uma pausa numa esplanada (73.3% preferiram essa versão nesta situação), enquanto que a Aqueduct Digital é mais adequada para uma consulta rápida em movimento pela cidade (reunindo 86.7% das preferências).

Globalmente, 73.3% dos utilizadores preferiram a combinação smartphone + mapa de papel (Aqueduct AR) em relação à versão apenas com o smartphone e mapa digital (Aqueduct Digital) e indicaram que usariam a Aqueduct AR se fosse disponibilizada para um local que visitassem.

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste artigo apresentámos uma nova forma de expandir as capacidades dos mapas de papel, usando Realidade Aumentada para mostrar elementos virtuais, com o objectivo de melhorar

a experiência de exploração do património cultural. Este é um componente principal da nossa aplicação, que também tem funcionalidades de localização para ajudar os utilizadores a encontrar locais próximos que lhes possam interessar e que poderiam passar despercebidos. Para avaliar a atitude e interacção dos utilizadores, conduzimos um teste onde comparámos a nossa abordagem com outra que utiliza um mapa digital.

Os resultados foram positivos, tendo os utilizadores aprovado estes conceitos, indicando a utilidade da aplicação na divulgação do património do Aqueduto das Águas Livres. Foram também unânimes em afirmar que usariam esta aplicação se fosse disponibilizada, embora necessite de melhoramentos de interface. No futuro, pretendemos acrescentar uma animação do fluxo de água no traçado, ajudando a perceber a distribuição da mesma pelos vários chafarizes. Estamos também a estudar a adição de um modelo digital de terreno (MDT) e como tirar partido desta camada de relevo tridimensional, planeando aplicar o conceito do fluxo de água ao MDT através de uma representação 3D do traçado. O MDT teria de ser translúcido para o utilizador conseguir ver o fluxo de água na parte subterrânea do traçado. Estamos também a considerar a adição de mais informação e conteúdo associado aos locais, tendo em consideração o feedback dos participantes no teste, que sugeriram acrescentar informação de transportes públicos, acessibilidade, sites oficiais, entre outros.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado pela FCT/MEC NOVA LINSCEst UID/CEP/04516/2013.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Schöning, A. Krüger, and H. J. Müller, "Interaction of mobile camera devices with physical maps," *Adjunct Proceeding of the Fourth International Conference on Pervasive Computing*, pp. 121–124, 2006.
- [2] P. Milgram and F. Kishino, "A taxonomy of mixed reality visual displays," *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, vol. 77, no. 12, pp. 1321–1329, 1994.
- [3] R. T. Azuma, "A survey of augmented reality," *Presence: Teleoperators and virtual environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, 1997.
- [4] F. Zhou, H. B.-L. Duh, and M. Billinghurst, "Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ismar," *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 193–202, 2008.
- [5] J. Rekimoto, "Navicam: A magnifying glass approach to augmented reality," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 399–412, 1997.
- [6] V. Vlahakis, N. Ioannidis, J. Karigiannis, M. Tsoiros, M. Gounaris, D. Stricker, T. Gleue, P. Daehne, and L. Almeida, "Archeoguide: An augmented reality guide for archaeological sites," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22, no. 5, pp. 52–60, 2002.
- [7] S. Feiner, B. MacIntyre, T. Höllerer, and A. Webster, "A touring machine: Prototyping 3d mobile augmented reality systems for exploring the urban environment," *Personal Technologies*, vol. 1, no. 4, pp. 208–217, 1997.
- [8] A. Morrison, A. Mulloni, S. Lemmelä, A. Oulasvirta, G. Jacucci, P. Peltonen, D. Schmalstieg, and H. Regenbrecht, "Collaborative use of mobile augmented reality with paper maps," *Computers & Graphics*, vol. 35, no. 4, pp. 789–799, 2011.
- [9] G. W. Fitzmaurice, "Situating information spaces and spatially aware palmtop computers," *Communications of the ACM*, vol. 36, no. 7, pp. 39–49, 1993.
- [10] R. Nóbrega, J. Jacob, R. Rodrigues, A. Coelho, and A. A. d. Sousa, "Augmenting Physical Maps: an AR Platform for Geographical Information Visualization," in *EG 2016 - Posters*. The Eurographics Association, 2016.