VIRTUALIZAÇÃO INTELIGENTE
NO PROJETO E NA CONSTRUÇÃO
2º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunição na Construção
UNICAMP | 19 a 21 de agosto

A REALIDADE AUMENTADA AUXILIANDO A MANUTENÇÃO DA EDIFICAÇÃO

Augmented Reality assisting building maintenance

Lorena Claudia de Souza Moreira
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | lorenasm@ufba.br

Regina Coeli Ruschel
Universidade Estadual de Campinas | Campinas, SP | ruschel@unicamp.br

RESUMO

A manutenção e preservação de edifícios, pelos proprietários de imóveis brasileiros, é orientada pelo Manual de Uso, Operação e Manutenção do Edifício (MP). No entanto, tais manuais são pouco atrativos, sendo apresentados em formato textual e com termos técnicos. Uma possível solução é aprimorar o formato do MP tradicional usando a realidade aumentada (RA), que permite a exibição de gráficos virtuais sobrepostos a visualizações do ambiente real, por meio de dispositivos. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a incorporação de características de Realidade Aumentada no Manual do Proprietário para a atividade de manutenção. A pesquisa foi desenvolvida seguindo os pressupostos e o delineamento do método de pesquisa Design Science Research. Foi desenvolvido um modelo para manutenção da caixa acoplada com auxílio da RA e o mesmo foi instanciado em aplicativo de RA. A prova de conceito do modelo e instanciação foi avaliada em pesquisa experimental comparando-se a manutenção auxiliada pelo manual tradicional e o manual incorporando RA visualizada por diferentes dispositivos (*tablet* e *smart glasses*). Verificou-se que a inserção da tecnologia de RA, independente do formato ou dispositivo empregado, atua favoravelmente integrada ao MP. Comprovou-se que, com a RA, a carga de trabalho da atividade de manutenção orientada pelo manual é diminuída e o desempenho do usuário é otimizado. O modelo desenvolvido é generalizável a outras atividades de manutenção descritas no manual.

Palavras-chaves: Realidade aumentada; Manual do proprietário; Operação e manutenção; BIM.

ABSTRACT

The maintenance and preservation of buildings by Brazilian real estate owners is guided by the Building Use, Operation and Maintenance Manual (BOM). However, such manuals are unattractive, being presented in textual format and with technical terms. One possible solution is to improve the traditional BOM format using augmented reality (AR), which allows the display of overlapping virtual graphics with the visualization of the real environment, by devices. In this sense, the objective of this research was to evaluate the incorporation of Augmented Reality features in the Owner's Manual for maintenance activity. The study was developed following assumptions and the research method of Design Science Research. It was developed a model for the maintenance of the coupled toilet box with AR support. The model was instantiated in AR application. The proof of concept of the model and instantiation was evaluated in experimental research comparing the maintenance aided by the traditional manual and the manual incorporating AR visualized by different devices (tablet and smart glasses). It was verified that the insertion of the AR technology, regardless of the format or device employed, is favorably integrated with the BOM. It was verified that with AR, the manual-oriented maintenance activity workload is decreased and the user performance is optimized. The developed model is applicable to other maintenance activities described in the manual.

Keywords: Augmented reality; Building owner manual; Operation and maintenance; BIM.

1 INTRODUÇÃO

O Manual de Operação, Uso e Manutenção das Edificações (Manual do Proprietário - MP) tem a função de salientar que a longevidade de uma construção também está relacionada ao adequado uso e manutenção. O MP também é responsável por guiar as atividades de manutenibilidade e uso da edificação (ABNT, 2011). Apesar das atualizações sofridas, o seu formato não foi alterado e o MP apresenta linguagem técnica com formato textual, fato que não motiva os proprietários de edificações a utilizá-lo.

Por sua vez, a Realidade Aumentada (RA) tem o potencial de tornar o MP mais interativo e assertivo, otimizando o seu uso pelos proprietários. A RA é uma tecnologia que possibilita a sobreposição de objetos virtuais em um ambiente real por meio de dispositivos (MILGRAM et al., 1994; AZUMA, 1997). Na RA, o ambiente real não é suprimido, pelo contrário, o ambiente real realiza um papel dominante, pois é a informação sintética que se integra ao mundo físico (BIMBER; RASKAR, 2005; TORI; KIRNER;

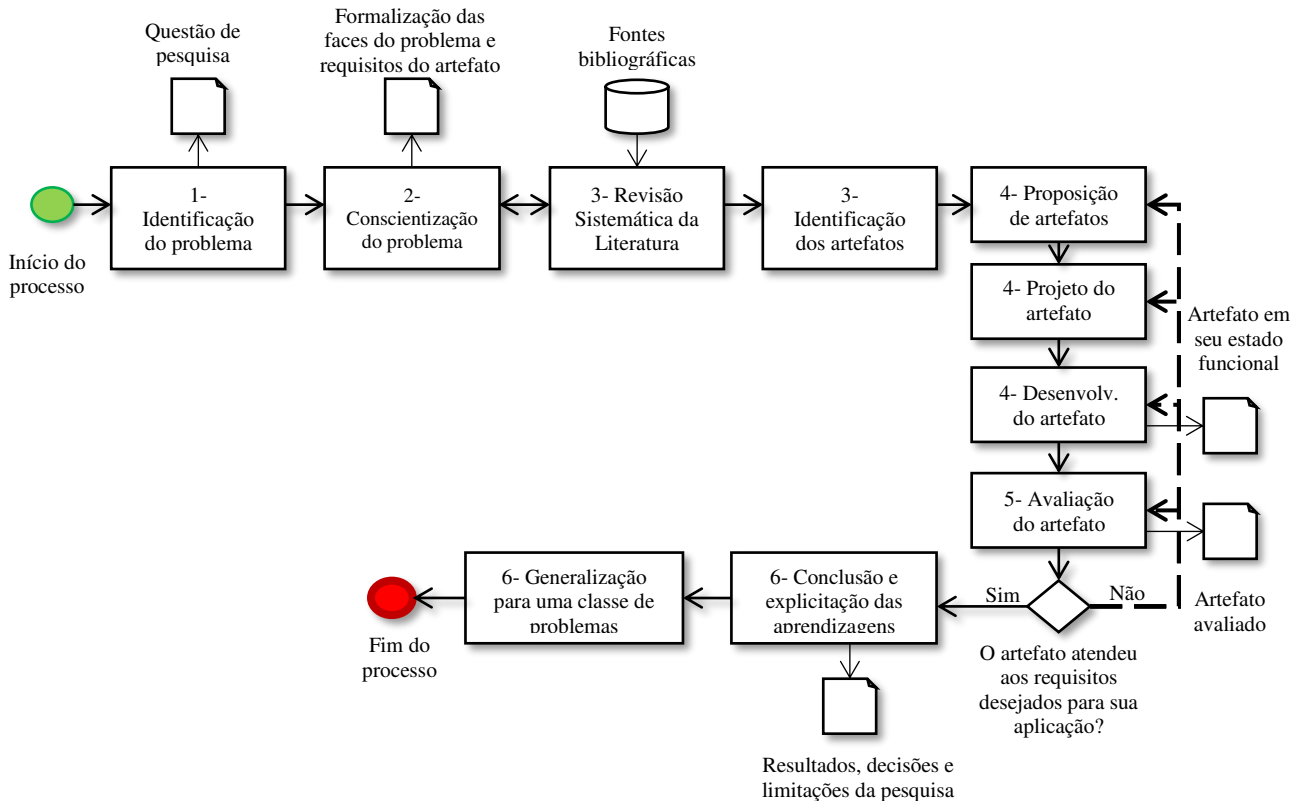
SISCOUTTO, 2006). Inserido neste contexto está o *Facility Management* (FM), que visa proporcionar ambientes de trabalho mais seguros e eficientes para seus usuários. Requer-se a habilidade de monitorar equipamentos e identificar operações ineficientes na edificação (GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 2011). Diversos estudos comprovam o uso da RA associada a estas áreas. Desde a RA voltada para tarefas de operação e montagem (HOU; WANG; TRUIJENS, 2014), bem como, seu uso para inspeção e instrução na construção civil (LI et al., 2018) e até mesmo como ferramenta pedagógica voltada para a construção (SHIRAZI; BEHZADAN, 2015; DIB; ADAMO, 2017).

O presente trabalho envolve a multidisciplinaridade das áreas de construção, FM e RA. Assim sendo, este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa de doutorado que busca avaliar a incorporação de recursos de RA no MP.

2 MÉTODO

O método de pesquisa adotado foi o *Design Science Research* (DSR) que é uma abordagem para produção de artefatos com o intuito de resolver problemas encontrados no mundo real (COLE et al., 2005; LUKKA, 2003). Para alcançar o objetivo da pesquisa, as etapas seguiram o delineamento explicitado a seguir (Figura 1).

Figura 1: etapas da pesquisa realizada



Fonte: Adaptado de Moreira (2018).

Na etapa 1 foi aplicada uma pesquisa com usuários da edificação visando a identificação da satisfação sobre o MP tradicional com os proprietários da habitação; na etapa 2 foi aplicada uma pesquisa com empresas e realizada uma classificação de MPs em nível nacional (a etapa de classificação empregou o levantamento como método de pesquisa); na etapa 3, foram caracterizados os recursos de RA quanto à aplicabilidade para a visualização do conteúdo do MP culminando na identificação dos artefatos por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL); na etapa 4, foram desenvolvidas as propostas de incorporação de RA no MP e também propostas de incorporação do MP no ambiente por meio da RA; Por fim, a etapa 5, mensurou o comportamento do artefato com o método NASA TLX. Para isso, foi realizada uma comparação de diferentes dispositivos de visualização (*tablet e smart glasses*); e identificada a solução de maior aceitação na operação e manutenção (O&M) da habitação pelos seus usuários. Ao fim

dessas etapas, em Aprendizagens e Generalização (etapa 6), foram explicitados os pontos de sucesso e insucesso do MP assistido pela RA, dispositivos e a generalização para o uso da solução em situações similares.

3 RESULTADOS

3.1 Identificação do problema: pesquisa com usuários

Como resultado da etapa 1, na pesquisa de satisfação realizada junto aos proprietários de uma unidade habitacional, foi constatado que há uma indiferença das pessoas para com o MP, mostrando o desinteresse em seu uso e na informação técnica apresentada. Esta constatação foi comprovada pelo grau de satisfação atingir o indice de 67% no quesito indiferença para com o manual.

3.2 Conscientização do problema: pesquisa com construtores e análise de Manuais do Proprietário (MPs)

Na etapa 2, com o apoio institucional da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e pesquisa desenvolvida, foi obtida uma amostragem de MPs das cinco regiões do pais por meio de um levantamento com construtores, via formulário web (fase 1), e uma coleta de MPs (fase 2) (MOREIRA; TONOLI; RUSCHEL, 2018).

Na fase 1, foi questionado o tipo de entrega do MP pela construtora, tipos de formatos que são entregues e sua forma de desenvolvimento. Como resultados observou-se que a maioria das empresas ainda utiliza o meio impresso como principal formato de entrega e poucas utilizam a web para disponibilizar a informação. 100% das empresas pesquisadas fornecem o manual aos proprietários dos imóveis e 63% desenvolvem seu próprio manual. Entretanto, 63% desenvolvem MPs com distinções a depender do padrão da edificação a ser construída.

Na fase 2, foi analisado o atendimento dos manuais coletados na amostra aos requisitos indicados na NBR 14037, e qual foi a diferenciação apresentada no MP a depender do padrão da edificação. Como resultado, constatou-se que a maioria dos manuais não segue completamente a estrutura recomendada pela referida NBR. No entanto, a estratégia de organização da informação adotada agrega informação por componente e facilita a sua utilização. Esta forma de estruturar o conteúdo se adequa a proposta de incorporação de RA, já que a informação relativa ao componente pode ser integrada.

3.3 Revisão Sistemática de Literatura e Identificação de artefatos

Por meio de uma RSL realizada buscou-se verificar os estudos existentes nas aplicações de RA empregadas na montagem, O&M da edificação e/ou manuais de instrução. Em suma foram analisadas 38 fontes identificadas em um intervalo temporal de 17 anos. Os tipos de artefatos encontrados visam os aspectos de funcionamento prático da solução. Dessa forma, conclui-se que a ênfase nessa temática de pesquisa está na realização de protótipos, e não no desenvolvimento do método.

Quanto aos tipos de rastreamento utilizados foram encontrados: baseado em sensor, uso de marcadores e *markerless*. Ademais identificou-se que um surgimento tardio para aplicações envolvendo o uso da RA na O&M de edificações. Foi observada a associação do modelo BIM com a RA para a visualização de dados e os estudos encontrados atuaram no auxílio à instrução e na execução de tarefas comprovando que o uso da RA tem potencial para respaldar o MP (MOREIRA; RUSCHEL, 2017).

3.4 Proposição, projeto e desenvolvimento do artefato

A partir dos estudos exploratórios; pesquisa de satisfação; classificação de manuais; e RSL realizados, foram propostos dois formatos de manual do proprietário nessa etapa. Neste sentido, foi proposto: (i) acrescentar, ao formato impresso, novas formas de visualização do conteúdo com a tecnologia da RA; e (ii) transferir o conteúdo do MP para o ambiente (edificação) por meio da RA. Para o desenvolvimento do artefato (Figura 2) foram utilizados programas de modelagem BIM (etapa 1), de modelagem e animação (etapas 2 e 3), de design e criação (etapa 4), e programas que possibilitem a visualização em RA (etapa 5).

Ademais foram adotados dois dispositivos de visualização para abarcar as aplicações (*tablet e smart glasses*) (etapa 6).

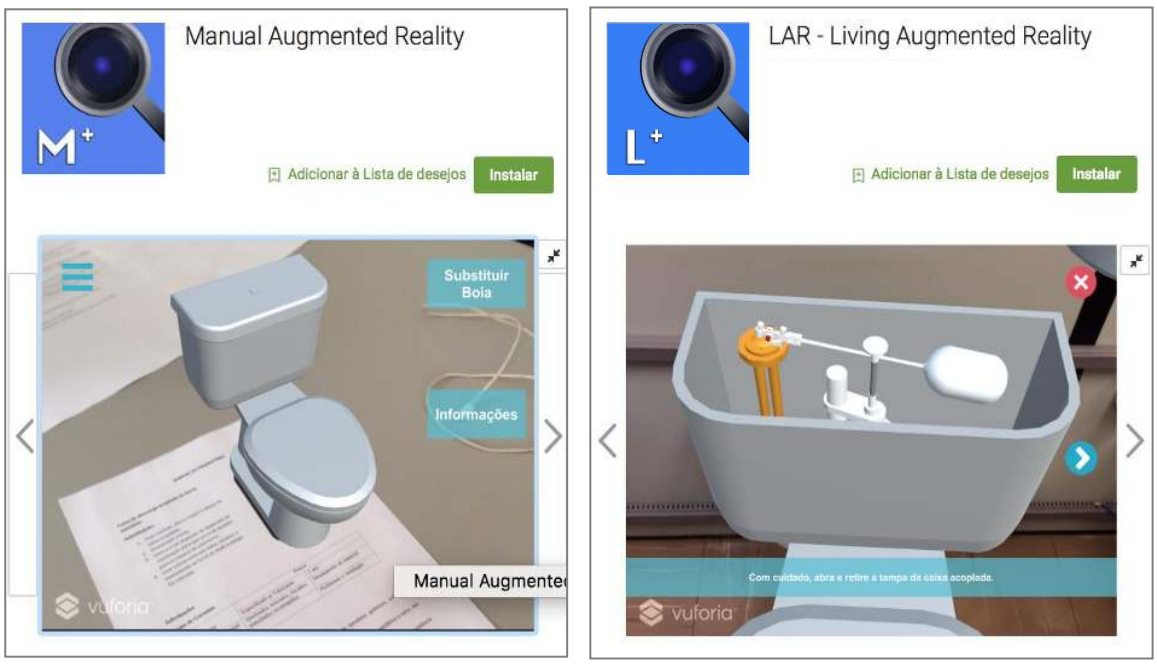
Figura 2: etapas de desenvolvimento do artefato



Fonte: Adaptado de Moreira (2018)

A criação do artefato corresponde a dois aplicativos: (i) o Living Augmented Reality (LAR) - MP incorporado ao ambiente com RA e; (ii) o Manual Augmented Reality (MAR) - MP, em papel, acrescido de RA (Figura 3). Ambos apresentaram uma atividade de manutenção presente em um dos manuais coletados na etapa de classificação dos MPs.

Figura 3: fase de implementação do artefato (a) MP, em papel, acrescido de RA; (b) MP incorporado ao ambiente com RA



Fonte: Adaptado de Moreira (2018).

3.5 Avaliação do artefato

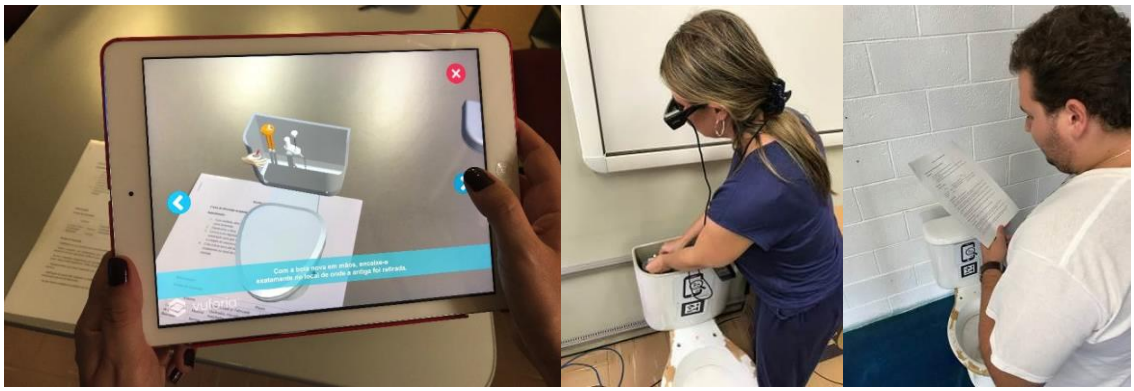
Nesta fase, um cenário hipotético foi criado relatando a necessidade do reparo e troca da boia com indicação do tipo de MP que o indivíduo deveria utilizar. Após a visualização das informações de troca, o indivíduo realizou na prática a substituição da boia (Figura 4).

Os manuais avaliados foram: o MP em papel; o MP impresso acrescido de RA (aplicativo MAR) e; o MP distribuído no ambiente construído incorporando a RA (aplicativo LAR). Além disso, definiu-se o desenvolvimento de cada aplicativo em duas versões, uma para ser utilizado em *tablet* e outra para ser utilizado em *smart glasses*. Para ambas as aplicações o tipo de rastreamento escolhido foi com o uso de marcadores.

Em cada um dos cinco cenários de avaliação, o método de mensuração NASA TLX foi aplicado com os participantes. No total, foram coletados dados de 100 participantes, 20 indivíduos em cada experimento (tipo de manual). O experimento que alcançou a maior carga de trabalho (CT) foi o do MP tradicional com 35,7 pontos seguido pelo experimento do MP, em papel, acrescido de RA - versão *smart glasses* - com 32,7 pontos referente a CT e o do MP, em papel, acrescido de RA - versão *smart glasses* - com 29,5

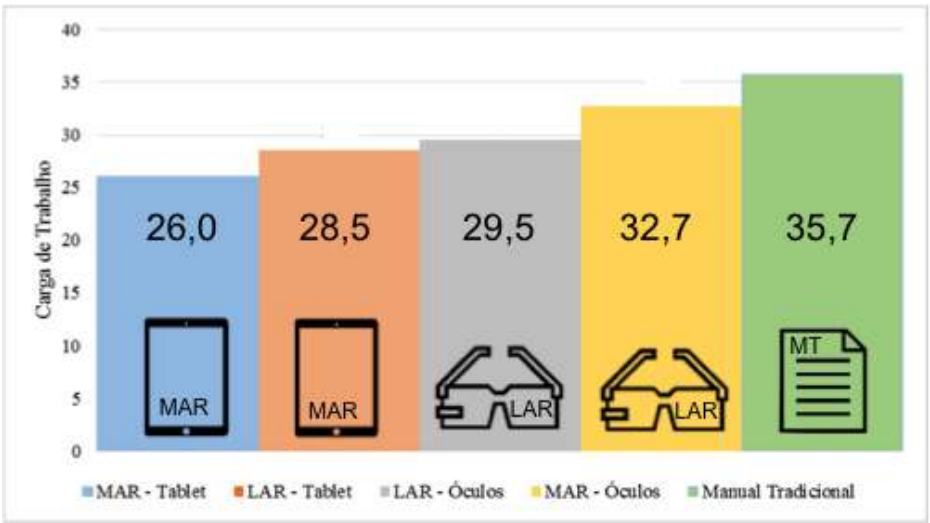
pontos. Os experimentos do MP incorporado ao ambiente com RA - versão *tablet* e do MP incorporado ao ambiente com RA - versão *tablet*, alcançaram as CTs 28,5 e 26,0, respectivamente (Figura 5).

Figura 4: fase de avaliação do artefato



Fonte: Adaptado de Moreira (2018)

Figura 5: cargas de trabalho total



Fonte: Adaptado de Moreira (2018).

4 APRENDIZAGENS E GENERALIZAÇÃO

Quanto aos pontos favoráveis, destaca-se a potencialidade do uso da RA para a atividade específica de O&M de equipamentos sendo a tarefa proposta, de substituição da boia, bem avaliada pelos usuários da habitação. Esta atividade pode ser expandida para outras seções do MP, assim como, para demandas inerentes à construção civil. Sempre que o componente demandar uma tarefa de instrução já está comprovado o benefício na realização daquela tarefa por meio da inserção da tecnologia da realidade aumentada. Logo, as instruções de operação e manutenção de cada componente estará associada a sua visualização correspondente em RA (Figura 6).

O uso de uma ferramenta BIM contribuiu favoravelmente na otimização do artefato proposto. O software utilizado possui um conjunto de componentes da construção civil, auxiliando na diminuição do tempo despendido na modelagem. Ademais, observa-se que a atividade da troca da boia, apresentada, enquadra-se parcialmente no Uso do Modelo BIM como fonte de informações e registros sobre ações de manutenção. A tecnologia da RA pode ser integrada aos usos relativos a esta demanda e pode-se afirmar que o modelo BIM associado a RA pode ser utilizado para avaliar o desempenho de um sistema construtivo específico, no qual o modelo BIM poderá apresentar informações detalhadas em RA sobre determinado sistema. Na gestão de ativos o Modelo BIM assistido pela RA poderá apresentar registros de ativos, subsistemas construtivos e equipamentos, com foco de uso na O&M.

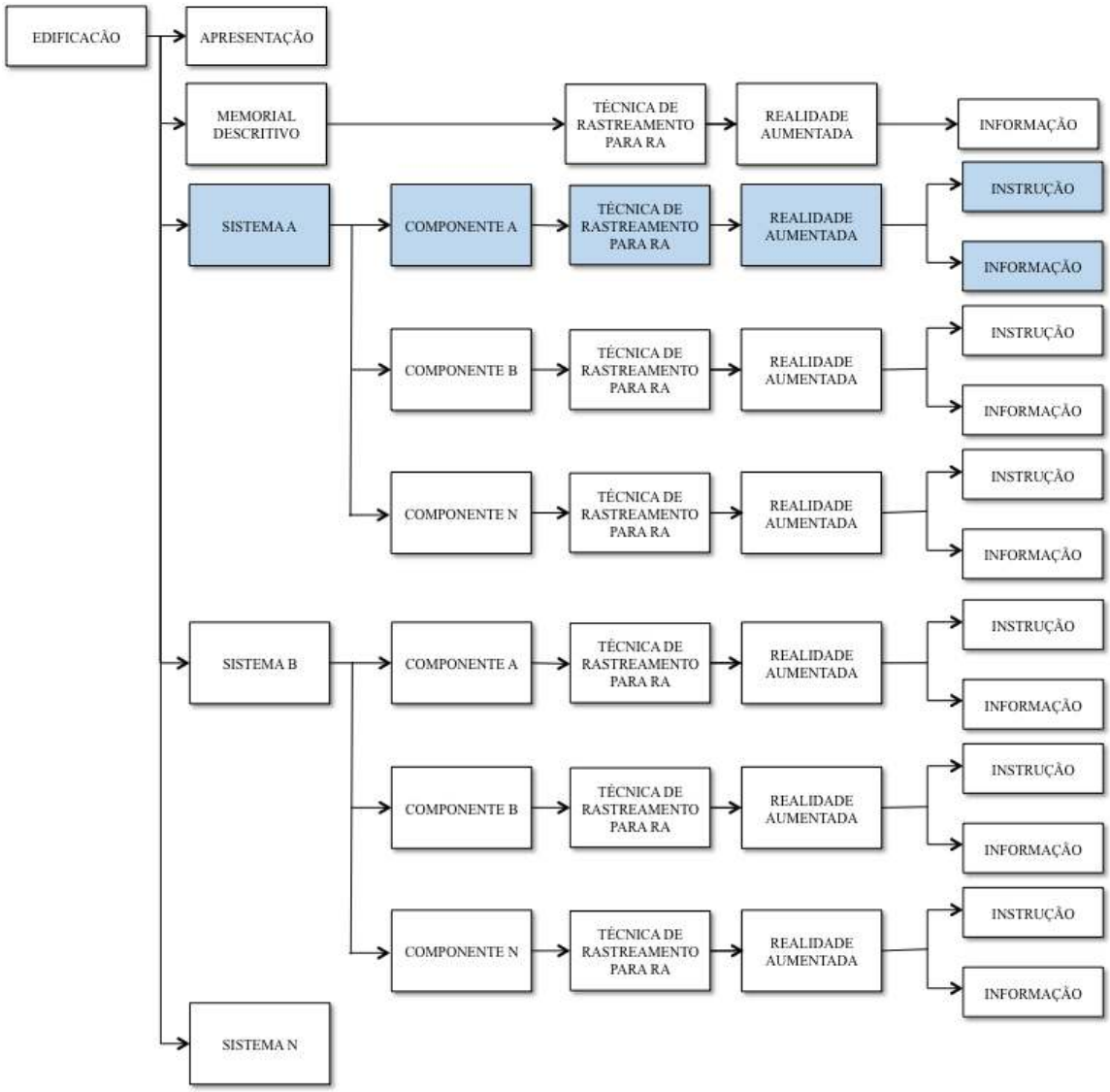
No âmbito das lições aprendidas no contexto geral da tecnologia, ressalta-se a constante atualização de software dificultando assim a interoperabilidade entre os mesmos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O MP impresso visualizado em *tablet* comprovou ser a solução de maior aceitação pelos indivíduos da amostra. Em seguida, o ambiente assistido pela tecnologia da RA visualizado em *tablet* atingiu uma melhor atuação. Conclui-se que a inserção da tecnologia da RA, independente do formato ou dispositivo empregado atua favoravelmente integrado ao MP. Por sua vez, o método de mensuração contribuiu para a qualificação dos artefatos envolvidos. Comprovou-se que, com a RA, a carga de trabalho da atividade orientada pelo manual é diminuída e o desempenho do usuário é otimizado.

O resultado desta pesquisa tem potencial imediato de inovação sobre os MPs. Para inovar e aprimorar o MP não será necessária uma grande transformação na sua estrutura, mas sim a agregação na estrutura atual de uma nova tecnologia. Isto permitirá uma transformação incremental do MP e da indústria associada.

Figura 6: Modelo de inserção da RA em todo o MP



Fonte: Moreira (2018).

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado (Proc. 88881.131901/2016-01), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas Bolsas de Produtividade em Pesquisa (Proc.306488/2018-3) e bolsas de iniciação científica (Proc. 455188/2014-9) e à Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2011. 5 p.

AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Columbus, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.

BIMBER, O.; RASKAR, R. **Spatial Augmented Reality**: Merging Real and Virtual Worlds. Wellesley: A K Peters, Ltd., 2005.

COLE, R. et al. Being Proactive: Where Action Research meets Design Research. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, 26., 2005, Las Vegas. **Proceedings […].** Las Vegas: NV, 2005.

DIB, H. N.; ADAMO, N. An Augmented Reality Environment for Students' Learning of Steel Connection Behavior. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, 2017. **Proceedings […].** Reston: ASCE, 2017. p. 51-58.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA). **GSA BIM Guide for Facility Management**. Version 1, U.S. Office of Design and Construction Public Buildings Service: Washington, 2011.

HOU, L.; WANG, X.; TRUIJENS, M. Using Augmented Reality to Facilitate Piping Assembly: An Experiment-Based Evaluation. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 29, n.1, p. 05014007-1-05014007-12, 2014. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000344.

LI, X. et al. A Critical Review of Virtual and Augmented Reality (VR/AR) Applications in Construction Safety. **Automation in Construction.** v. 86, p. 150-162, 2018. doi: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003.

LUKKA, K. The constructive research approach. In OJALA, L.; HILMOLA, O-P. (eds.) **Case study research in logistics**. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1: 2003, p. 83-101.

MILGRAM, P. et. al. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. **Telemanipulator and Telepresence Technologies**, SPIE, v. 2351, 1994.

MOREIRA, L. C. de S. **O Manual do Proprietário da Edificação Assistido pela Realidade Aumentada**. 2018. 241 f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

MOREIRA, Lorena; RUSCHEL, Regina. Realidade Aumentada para a Montagem, Manutenção e operação da Edificação: Revisão Sistemática de literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., 2017, Fortaleza. **Anais..**. São Paulo: ANTAC, 2017.

MOREIRA, L.; TONOLI, J. G.; RUSCHEL, R. C. A prática do manual do proprietário da edificação: uma classificação conforme a NBR14037. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 13, n. 3, p. 119-134, 26 dez. 2018. doi:https://doi.org/10.11606/gtp.v13i3.128208

SHIRAZI, A.; BEHZADAN, A. H. Content Delivery Using Augmented Reality to Enhance Students' Performance in a Building Design and Assembly Project. **Advances in Engineering Education**, v. 4, n. 3, 2015.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. (org.). **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006.