UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JÉSSICA GIARETTON PENALBER

MODELAGEM 3D REALIZADA COM AUXÍLIO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO CADASTRO DE OBRA DE REFORMA

Salvador
2016

JÉSSICA GIARETTON PENALBER

MODELAGEM 3D REALIZADA COM AUXÍLIO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO CADASTRO DE OBRA DE REFORMA

Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira

Salvador
2016

Dedico esse trabalho aos meus pais, Marcus e Marisa Penalber, ao meu irmão Marcus e ao meu parceiro de vida Benjamin, pelo amor, incentivo e compreensão diários, e aos meus amigos e família pela força e apoio constantes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais, Marcus e Marisa, que são Deus na Terra para mim, são a minha base e minha fortaleza, sempre me apoiando incondicionalmente e torcendo por mim, são o amor na sua forma mais pura. Meu pai, além de pai, é um grande mestre em minha vida, me ensinou muito no campo da engenharia civil, me levava desde os tempos de escola para brincar de estagiar com ele, me mostrando várias obras, e sempre me ajudou quando tive dúvidas. Ele sempre me mostrou como o trabalho pode ser recompensador quando se faz o que gosta. Palavras não são suficientes para mensurar o sentimento de gratidão e amor que tenho por eles. Também agradeço ao meu irmão Marcus, por ser companhia diária, por ter dividido tantos momentos comigo desde pequeno e pela certeza de que nunca estarei só. Aos meus avós Lourdes, Severino e Yolanda, pelo amor incondicional e apoio constantes, e assim como meus pais, são responsáveis por eu ser quem sou hoje. A Benjamin, pelo apoio, companheirismo, amor e compreensão diários, por conseguir fazer dos meus dias pesados e atarefados, mais alegres e leves, e por nunca medir esforços para me fazer feliz. Aos meus tios e tias, primos e primas, por sempre alegrarem meus dias e se fazerem tão presentes, mesmo quando não fisicamente.

Agradeço ao Professor Emerson Ferreira por ser um excelente mestre e orientador no presente trabalho de conclusão de curso. Obrigada por toda a orientação e ajuda, assim como, toda a confiança depositada em mim.

Agradeço também à Professora Tatiana Dumêt e à Professora Mônica da Guarda pelos brilhantes desempenhos, respectivamente, na diretoria da Escola Politécnica e na coordenação do curso de engenharia civil da universidade, sempre dispostas a ajudarem.

Agradeço aos engenheiros Elísio Moitinho, Rafael Filgueiras, e Jorge Cirqueira, primeiramente, por terem me proporcionado as minhas primeiras experiências de trabalho no campo da engenharia civil. E também por serem excelentes profissionais, que me proporcionaram tantos aprendizados. Muito obrigada pela oportunidade de trabalhar com os senhores, e muito obrigada por tudo o que já fizeram por mim.

Agradeço também ao engenheiro Michael Jülich e arquitetos Anett Anders e Roland Schützeneder por me proporcionarem a grande oportunidade de trabalhar na Alemanha na área em que mais gosto, que é a área de planejamento e orçamento. Muito obrigada também por todos os ensinamentos passados e, até mesmo, por todas as conversas durante as pausas para café, pois mesmo nas mais simples conversas, os senhores tinham algo a me ensinar.

Agradeço imensamente também a toda a equipe do setor de planejamento e orçamento da Stadtwerke München por todo o apoio que me foi dado e por tornarem o ambiente de trabalho tão agradável e gratificante.

Agradeço aos amigos que fiz na UFBA pelo apoio e companheirismo, em especial a Alexsandro, Bruno e José Maurício, que tornaram essa caminhada mais leve. Muito obrigada por todos os momentos que compartilhamos, por todas as madrugadas de estudo, por sempre estarem disponíveis a ajudar e também por todas as risadas. A amizade que construímos durante o curso é para a vida toda e o curso teria sido muito mais trabalhoso e sem graça sem vocês por perto.

Agradeço aos amigos da vida, pela amizade sincera, pelo companheirismo e compreensão diários, em especial às minhas meninas que acompanham a minha trajetória desde o jardim de infância: Almira, Érica, Lara, Maíra, Paula e Renata. E em especial também a Aline, Camilian, Leidiane, Karina e Renata, que sempre se fizeram tão presentes, me apoiando em cada passo.

PENALBER, J. G., Modelagem 3D realizada com o auxílio da tecnologia da informação no cadastro de obra de reforma. 85p. 2016. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

RESUMO

O presente trabalho visa avaliar a utilização da tecnologia da informação com dispositivos móveis no auxílio do cadastramento e modelagem 3D de obras de reforma. Primeiramente, foi realizada a revisão bibliográfica sobre os conceitos e regulamentos brasileiros para obras de reforma e os conceitos sobre a utilização da tecnologia de informação para o cadastramento de obras. Feito isso, uma obra de reforma foi cadastrada através da utilização de aplicativos para dispositivos móveis e também pelo método manual através do uso de trena, para assim, ser possível averiguar a precisão das ferramentas utilizadas. Posteriormente, um modelo 3D da obra foi desenvolvido a partir da planta baixa gerada por um dos aplicativos, e foi utilizado para auxiliar na elaboração de um plano de diretrizes para a reforma da obra. Por fim, foi possível identificar as vantagens, limitações e potencialidades do novo método para cadastramento de obras. Os resultados indicaram que o novo método é viável para somente um dos aplicativos utilizados no presente trabalho, devido a sua praticidade e agilidade de uso, além de resultar em um aumento significativo de produtividade, gerando uma planta baixa da obra rapidamente, com medidas mais próximas da realidade do que o outro aplicativo estudado apresentou. Medidas próximas da realidade foram consideradas satisfatórias, no presente trabalho, pois com elas é possível se obter informações sobre uma média da quantidade de materiais necessários para a elaboração do plano de diretrizes. Os aplicativos também podem ser utilizados em conjunto com trena a laser para uma melhor precisão das medidas, e as medidas geradas pelos aplicativos podem ser, posteriormente, alteradas também.

Palavras-chave: tecnologia da informação, dispositivos móveis, obra de reforma, modelagem 3D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Histórico recente do setor da construção civil no Brasil (NASCIMENTO; SANTOS, 2003). 26
Figura 2 - Produtividade na construção civil e em todos os outros setores industriais nos EUA (SCHWEGLER et. al. , 2001). 28
Figura 3 - Fluxograma da metodologia do trabalho. 38
Figura 4 - Página com manuais do RSP. 48
Figura 5 - Primeira parte das instruções do RSP. 48
Figura 6 - Segunda parte das instruções do RSP. 48
Figura 7 - Página de ajuda do MP. 49
Figura 8 - Parte 1 do vídeo explicativo do MP. 49
Figura 9 - Parte 2 do vídeo explicativo do MP. 49
Figura 10 - Parte 3 do vídeo explicativo do MP. 49
Figura 11 - Parte 4 do vídeo explicativo do MP. 50
Figura 12 - Parte 5 do vídeo explicativo do MP. 50
Figura 13 - Calibragem do aplicativo RSP. 50
Figura 14 - Instruções para a etapa 1 da calibragem do MP. 51
Figura 15 - Etapa 1 da calibragem do MP. 51
Figura 16 - Etapa 2 da calibragem do MP: registro da altura do usuário. 52
Figura 17 - Passo 1 da etapa 3 da calibragem do MP. 52
Figura 18 - Vídeo explicativo sobre os próximos passos da calibragem do MP. 52
Figura 19 - Passo 2 da etapa 3 da calibragem do MP. 53
Figura 20 - Passo 3 da etapa 3 da calibragem do MP. 53
Figura 21 - Passo 4 da etapa 3 da calibragem do MP. 53
Figura 22 - Passo 5 da etapa 3 da calibragem do MP. 53
Figura 23 - Passo 6 da etapa 3 da calibragem do MP. 53
Figura 24 - Cadastro do banheiro com o RSP. 54
Figura 25 - Vértice não aparente do cômodo dormitório. 55
Figura 26 - Prolongamento da linha imaginária para marcação do vértice. 55
Figura 27 - Geometria da planta do dormitório pelo MP. 55
Figura 28 - Geometria da planta original do dormitório. 55

Figura 29 - Planta do cômodo hemodiálise gerada pelo RSP com erro de geometria. 58
Figura 30 - Planta do cômodo hemodiálise gerada pelo RSP com menos erros de geometria. 58
Figura 31 - Estrutura em "L" no cômodo hemodiálise na obra, vista frontal. 59
Figura 32 - Estrutura em "L" no cômodo hemodiálise na obra, vista lateral. 59
Figura 33 - Cômodo sala 02 gerado pelo RSP com erros de precisão. 60
Figura 34 - Dificuldades encontradas no cômodo sala 02 na obra. 60
Figura 35 - Cômodo sala 11 gerado pelo MP com erros de precisão. 61
Figura 36 - Planta baixa do cômodo hemodiálise gerada pelo MP. 62
Figura 37 - Planta baixa final da obra gerada pelo aplicativo MP. 63
Figura 38 - Planta baixa da obra exportada para o programa Revit da Autodesk. 65
Figura 39 - Planta baixa com paredes e portas desenhadas com o programa Revit. 67
Figura 40 - Modelo 3D com medidas ajustadas das portas. 68
Figura 41 - Planta baixa final da obra no programa Revit. 69
Figura 42 - Modelo 3D final da obra. 70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Serviços e empresas responsáveis correspondentes (ABNT NBR 16280, 2014). . 22

Quadro 2 - Serviços e empresas responsáveis correspondentes, parte 2 (ABNT NBR 16280, 2014). 23

Quadro 3 - Serviços e empresas responsáveis correspondentes, parte 3 (ABNT NBR 16280, 2014). 24

Quadro 4 - Quadro de objetivos. 42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de decisão.....46

Tabela 2 - Tabela comparativa do tempo de execução das medições. 72

Tabela 3 - Tabela comparativa de precisão dos dois aplicativos com o método manual. 75

Tabela 4 - Tabela comparativa de precisão do aplicativo MagicPlan com o método manual. 76

LISTA DE SIGLAS

3D - Três Dimensões

4D - Quatro Dimensões

5D - Cinco Dimensões

3G - Terceira Geração

4G - Quarta Geração

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIM - Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling*)

CAD - *Computer Aided Design*

CCD - *Charge-Coupled Device*

CIB - Conseil International du Bâtiment

DXF - Drawing Exchange Format

GPRS - *General Packet Radio Services*

GPS - *Global Positioning System*

HTML - Hypertext Markup Language

JPEG - *Joint Photographics Experts Group*

MP - MagicPlan

NBR - Norma Brasileira

PDF - *Portable Document Format*

RSP - RoomScan Pro

TI - Tecnologia da Informação

WLAN - *Wireless Local Area Network*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1. JUSTIFICATIVA 14
1.2. OBJETIVOS 15
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO 15

2 OBRAS DE REFORMA 17
2.1. TIPOS DE OBRAS DE REFORMA 18
2.1.1. Reforma de patrimônio histórico e cultural 18
2.1.2. Reforma de infraestrutura urbana 19
2.1.3. Reforma de casas, imóveis comerciais ou condomínios residenciais 19
2.2. GESTÃO DE OBRAS DE REFORMA 20
2.3. OBRAS DE REFORMA NO MUNDO 24

3 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO 25
3.1. A TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 25
3.2. BENEFÍCIOS DA TI NA CONSTRUÇÃO CIVIL 27
3.3. BARREIRAS PARA A UTILIZAÇÃO DA TI 29
3.4. TENDÊNCIAS DA TI 31
3.5. UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS 33
3.6. MODELAGEM 3D 34
3.6.1. Escaneamento 3D a laser 35
3.6.2. Fotogrametria 36
3.6.3. Aplicativos para dispositivos móveis 37

4 METODOLOGIA 38
4.1. ETAPAS DA PESQUISA 38
4.1.1. Revisão bibliográfica 38
4.1.2. Escolha das ferramentas - matriz de decisão 38
4.1.2.1. Escolha dos critérios 39
4.1.2.2. Avaliação e resultado da matriz 40
4.1.3. Aplicação das ferramentas 41
4.1.4. Avaliação dos resultados 41

5 ESTUDO DE CASO 43
5.1. MATRIZ DE DECISÃO E SELEÇÃO DOS APLICATIVOS 43
5.2. UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS - ETAPA 1 47
5.2.1. Estudo de manuais e vídeos dos aplicativos 48
5.2.2. Calibragem do dispositivo móvel 50
5.2.3. Utilização dos aplicativos - fase experimental 53
5.3. UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS - ETAPA 2 56
5.3.1. Caracterização da obra 56
5.3.2. Cadastro da obra com auxílio da TI 56
5.3.2.1. Primeira fase e dificuldades 57
5.3.2.2. Segunda fase 63
5.4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO 3D 64
5.5. AUXÍLIO DA MODELAGEM 3D NO PLANO DE DIRETRIZES 70
5.6. AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 71

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 79

REFERÊNCIAS 82

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a engenharia civil evoluiu e melhorou muito em termos de inovação e tecnologia, implicando em maior produtividade e qualidade de serviços executados em campo, ou até mesmo nas fases iniciais de produção de projetos e planejamento em escritório. Alguns exemplos disso são a tecnologia BIM - Modelagem de Informação da Construção (*Building Information Modeling*) usada para se realizar projetos 3D, 4D, 5D e assim por diante, novos maquinários para atuar em escavações e aterros, novas tecnologias como a argamassa projetada, entre outros.

Mattos (2010) considera que a indústria da construção civil é um dos setores industriais que mais vem sofrendo grandes e importantes alterações nos últimos anos. Com o aumento da competividade, da globalização dos mercados, da demanda por bens mais modernos, da velocidade com que surgem novas tecnologias, do aumento do grau de exigência dos clientes e da reduzida disponibilidade de recursos financeiros, as empresas despertaram e perceberam que é necessário se investir em gestão e controle de processos.

Dessa forma, com o controle de processos, se pode obter uma maior produtividade que, por sua vez, tem um papel fundamental no prazo, custo e lucro, tanto de cada processo, como da obra como um todo. Então é de extrema importância, se ater às novas tecnologias que estão no mercado para a análise da possibilidade de aumento da produtividade de cada serviço.

Entretanto, em meio a tantas mudanças e inovações tecnológicas, é intrigante como o cadastro de obras continua sendo um serviço tão rudimentar e manual no Brasil. O cadastro de obras é um serviço muito utilizado em obras de reforma, e a depender do porte da obra, pode-se levar muito tempo, até mesmo meses, para se concluir essa fase fundamental para o início da obra. Existem casos de obras de reforma, em que a construção é antiga e não se tem mais os seus projetos originais, sendo então necessário, fazer o cadastro da construção antes de começar a obra.

Almeida Júnior (2000) afirma que após a Segunda Guerra Mundial, a necessidade de se aplicar uma mentalidade industrial no setor da construção civil surgiu nos países desenvolvidos com o constante desenvolvimento de novos materiais e de técnicas construtivas. Essa necessidade de industrialização e racionalização desse setor nesses países, gerou também a inevitabilidade da criação de uma retaguarda tecnológica, surgindo a

consciência da avaliação do desempenho dessas soluções inovadoras e do controle da qualidade das edificações.

Portanto, tendo em vista o problema do tempo necessário para o cadastro de obras de reforma, recentemente se está usando a Tecnologia da Informação (TI) com dispositivos móveis nesses países desenvolvidos, como nos Estados Unidos e Alemanha, no auxílio do cadastro de obras. Muitos aplicativos ainda estão na fase de teste, mas alguns já estão sendo utilizados por construtoras e apresentam, inclusive, garantia fornecida pelo fabricante, de precisão das medidas, facilitando e dando maior rapidez a essa fase inicial da obra.

Dessa forma, com o aumento da competividade no mercado de trabalho crescente e com o intuito de gerar maiores lucros, a Tecnologia da Informação se faz ferramenta extremamente necessária no setor da construção civil, principalmente no aumento da produtividade e qualidade dos serviços, e no caso deste trabalho, no serviço de cadastramento de obras de reforma.

1.1. JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil no Brasil está cada vez mais se preocupando em utilizar ferramentas mais modernas e tecnológicas nas fases de planejamento e execução das obras, com o intuito de trazer menores erros, menores custos e, consequentemente, maior produtividade e lucro de cada serviço. Com o aumento da competitividade do mercado atual de trabalho, é realmente de extrema importância se ater às novidades tecnológicas que podem ser aplicadas na área da engenharia civil.

A constante procura pela minimização de erros e geração de maiores lucros está fazendo com que as construtoras valorizem também o planejamento antes e durante a execução da obra. Com um bom planejamento, por sua vez, é possível analisar melhor quais novidades tecnológicas agregam valor e têm um custo-benefício maior para determinados serviços. Portanto, é importante também se fazer uma análise antes de utilizar qualquer inovação para os serviços que serão executados.

Tendo em vista o contexto exposto acima, esse trabalho tem o intuito de analisar a influência da tecnologia da informação com dispositivos móveis na produtividade da obra, assim como a sua qualidade e praticidade, mais precisamente na fase de cadastramento de obras de reforma. Hoje no Brasil, essa ferramenta tecnológica ainda é pouco utilizada para

essa finalidade, permanecendo o serviço de cadastro de obras ainda manual, sendo executado utilizando-se trena.

Portanto, a realização desse trabalho se justifica por abordar um tema inovador no setor da construção civil, com potencial de trazer novas possibilidades para a redução de custos e aumento da produtividade e qualidade do serviço de cadastramento de obras de reforma. Este trabalho também pode ser utilizado em outros estudos, reforçando a possibilidade da utilização da tecnologia de informação com dispositivos móveis em obras de construção, nas suas diversas fases, já que essa tecnologia apresenta constantemente novas inovações com diversas aplicabilidades dentro da área de construção civil.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é avaliar a utilização da tecnologia da informação com dispositivos móveis no auxílio do cadastramento e modelagem 3D de obras de reforma.

E os objetivos específicos, com a finalidade do alcance ao objetivo geral, são:

- Conhecer os conceitos e regulamentos brasileiros para obras de reforma, e conhecer os conceitos sobre a utilização da tecnologia da informação para o cadastramento de obras;
- Realizar o cadastramento da obra e desenvolver o seu modelo 3D com o auxílio da TI;
- Avaliar a utilização do novo método para cadastramento de obras.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis capítulos: Introdução, Referencial Teórico (segundo e terceiro capítulos), Metodologia, Estudo de Caso e Considerações Finais.

No presente capítulo de Introdução, foi apresentado a temática do trabalho, a justificativa do estudo, o objetivo geral e os objetivos específicos a serem atingidos e a estrutura do trabalho aqui apresentada.

No segundo capítulo, uma revisão bibliográfica é apresentada sobre os conceitos e atuais regulamentos brasileiros de obras de reforma.

No terceiro capítulo, uma revisão bibliográfica sobre a tecnologia da informação na construção civil e no cadastro de obras é apresentada.

No quarto capítulo, a metodologia utilizada no presente trabalho é definida, apresentando um quadro resumo com todos os objetivos, ferramentas utilizadas e os resultados esperados.

No quinto capítulo, o estudo de caso é apresentado. A utilização das ferramentas selecionadas, o desenvolvimento do modelo 3D da obra e a avaliação e discussão dos resultados são relatados e discutidos neste capítulo.

Por fim, no sexto capítulo, as considerações finais do presente trabalho são apresentadas. As limitações, vantagens e potencialidades do estudo são discutidas neste capítulo.

2 OBRAS DE REFORMA

"As edificações cumprem funções de serviço definidas em projeto. Contudo, ao longo do tempo de serviço, existirão necessidades de ajustes, adequações a novas demandas e até mesmo recuperação de suas propriedades técnicas" (ABNT, 2015, p.02).

Diante desse contexto, obras de reforma geralmente têm o objetivo de fixar ou substituir partes e/ou estruturas existentes do local para melhorar o seu desempenho para o seu estado original ou, até mesmo, para melhor do que o seu estado original. Além disso, também há a possibilidade de alterar o projeto e o design da obra original, visando atender às necessidades atuais e futuras dos usuários.

Segundo a portaria n.420 de 22 de Dezembro de 2010 do IPHAN (2010), reforma ou reparação é toda intervenção que resulte em demolição e/ou construção de novos elementos e estruturas, como por exemplo: ampliação ou diminuição de área construída, alterações do projeto original em planta, corte ou elevação, mudança de vãos, aumento do gabarito do local, substituição de estruturas e mudanças na inclinação da cobertura original.

Esses conceitos para obras de reforma se aplicam bem para reforma de casas, estabelecimentos comerciais, infraestrutura urbana e condomínios residenciais. Entretanto, há também as obras de reforma de patrimônios culturais e históricos, em que um outro conceito de reforma se aplicaria melhor. A portaria n.420 de 22 de Dezembro de 2010 do IPHAN (2010, p.02) utiliza a palavra "Restauração" para esse caso de reforma, e atribui o seguinte conceito a esse caso: "serviços que tenham por objetivo restabelecer a unidade do bem cultural, respeitando sua concepção original, os valores de tombamento e seu processo histórico de intervenções".

Tendo em vista os diferentes tipos de obras de reforma citados acima, a seguir são apresentadas as características principais para cada caso.

2.1. TIPOS DE OBRAS DE REFORMA

2.1.1. Reforma de patrimônio histórico e cultural

As obras de reforma, para esse caso, visam manter a concepção e arquitetura original da obra, melhorando e reparando estruturas originais danificadas. Esse tipo de reforma é feita para patrimônios históricos e culturais que, por sua vez, são reconhecidos por meio de tombamento pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) ou por órgãos municipais e estaduais.

Pelo Decreto-Lei n.25, de 30 de novembro de 1937, tombamento é o instrumento para reconhecer e proteger patrimônios culturais e históricos, podendo ser feito por órgãos municipais, estaduais e federal. Também pelo Decreto-Lei, são considerados patrimônios históricos e culturais: imóveis ou bens móveis existentes no Brasil que tenham vinculação a fatos memoráveis da história do país e/ou alto valor arqueológico, etnográfico, bibliográfico ou artístico, ou monumentos naturais, como sítios e paisagens, que seja de extrema importância a sua conservação e proteção pela sua notável feição.

E pela portaria n. 420, de 22 de dezembro de 2010 do IPHAN, no Artigo 2°, p.01:

> Os estudos, projetos, obras ou intervenções em bens culturais tombados devem obedecer aos seguintes princípios:
> I - prevenção, garantindo o caráter prévio e sistemático da apreciação, acompanhamento e ponderação das obras, ou intervenções e atos suscetíveis de afetar a integridade de bens culturais de forma a impedir a sua fragmentação, desfiguração, degradação, perda física ou de autenticidade;
> II - planejamento, assegurando prévia, adequada e rigorosa programação, por técnicos qualificados, dos trabalhos a desenvolver em bens culturais, respectivas técnicas, metodologias e recursos a empregar na sua execução;
> III - proporcionalidade, fazendo corresponder ao nível de exigências e requisitos a complexidade das obras ou intervenções em bens culturais e à forma de proteção de que são objeto;
> IV - fiscalização, promovendo o controle das obras ou intervenções em bens culturais de acordo com os estudos e projetos aprovados;
> V - informação, através da divulgação sistemática e padronizada de dados sobre as obras ou intervenções realizadas em bens culturais para fins histórico-documentais, de investigação e estatísticos.

Portanto, antes de se começar uma reforma em qualquer local, é necessário se informar, primeiramente, junto à prefeitura local, se a obra é patrimônio tombado e por qual órgão (municipal, estadual ou federal), pois cada órgão tem suas regras a serem seguidas, e é necessário a aprovação do projeto de reforma pela instituição responsável.

2.1.2. Reforma de infraestrutura urbana

A elaboração, coordenação e controle de projetos básicos e executivos de obras de reforma para infraestrutura urbana é de competência do órgão municipal da localidade em que a obra se encontra. Além disso, esse tipo de obra de reforma deve obedecer normas, regulamentos e leis municipais, estaduais e federal, como também requer autorização do órgão público competente para dar início a obra.

No caso de Salvador, de acordo com o Decreto n. 27.073 de 29 de fevereiro de 2016, capítulo I, Artigo 2°, é de responsabilidade da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Habitação e Defesa Civil de Salvador: realizar a expansão e modernização da infraestrutura urbana da cidade; e realizar estudos e projetos de infraestrutura urbana e defesa civil.

2.1.3. Reforma de casas, imóveis comerciais ou condomínios residenciais

Esse tipo de obra de reforma é o caso de reforma do estudo desse trabalho, e abrange variadas possibilidades. As alterações nas edificações podem modificar ou não a função original do empreendimento, visando melhorar as condições de uso, segurança e/ou habitação, além de atender necessidades atuais e futuras dos usuários do imóvel.

Algumas das possibilidades para esses casos de reforma são:

- Pequenos reparos ou alterações, como por exemplo: pintura de paredes ou troca de piso;
- Modificações nas instalações elétricas e a gás do empreendimento;
- Alterações das posições de aparelhos sanitários, ou instalações de novos aparelhos sanitários em locais onde não há canalizações de água pré-definidas no projeto hidráulico original da obra;
- Instalações de equipamentos que podem comprometer a estrutura do local, como ar-condicionado e exaustores;
- Toda modificação que necessite alterar a estrutura original do imóvel, como por exemplo, que necessite a quebra de paredes.

A norma que deve ser seguida para esse tipo de reforma é a ABNT NBR 16280:2014 que entrou em vigor no dia 18 de abril de 2014. Antes desta data, as obras de reforma desse

tipo não eram regulamentadas por norma alguma, trazendo riscos para a segurança dos usuários do imóvel.

2.2. GESTÃO DE OBRAS DE REFORMA

"Mudanças econômicas e culturais trazem necessidades que podem levar a processos de alteração das construções. Contudo, estas transformações devem preservar a segurança das edificações, seus usuários e o entorno por ela impactados" (ABNT, 2015, p.02).

Essa preocupação com a segurança das edificações, do seu entorno e dos seus usuários fez com que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criasse a norma para gestão de reformas: a NBR 16280:2014, que entrou em vigor no dia 18 de abril de 2014. A novidade dessa norma é que qualquer intervenção a ser feita no imóvel necessitará de aprovação do síndico do local e de avaliação e planejamento por engenheiro(s) ou arquiteto(s). Com isso, a norma visa acabar com as obras de reforma irregulares e não planejadas no Brasil.

Segundo a NBR 16280 ABNT(2014), antes de se começar a obra de reforma, o engenheiro ou arquiteto responsável por ela deverá apresentar um plano formal de diretrizes para que o síndico ou administração responsável pelo imóvel o aprove, ou aprove com ressalvas, ou o rejeite. Sendo que o síndico ou administração do imóvel deverá encaminhar o plano de diretrizes primeiramente para uma análise técnica e legal por algum profissional capacitado, para então tomar esta decisão.

O plano de diretrizes deverá, segundo a norma: preservar os sistemas de segurança já existentes na edificação; apresentar qualquer modificação que venha a ser feita que altere ou compromete a segurança do edifício ou do seu entorno; construir meios que protejam os usuários da edificação de possíveis e eventuais danos ou prejuízos em decorrência dos serviços na obra de reforma; descrever todos os processos claramente e objetivamente, atendendo aos regulamentos exigidos para os serviços a serem realizados; se for necessário, obter o registro e aprovação dos serviços da obra nos órgãos responsáveis e pelo condomínio; definir os responsáveis e suas responsabilidades e tarefas em todas as etapas da obra; prever recursos financeiros, de materiais e humanos para planejar melhor a reforma; e garantir que após a obra de reforma, os diferentes tipos de manutenção futuras na edificação não sejam prejudicados.

Ainda segundo a norma, o síndico ou administração responsável do imóvel tem como deveres, além de receber o plano de diretrizes e avaliar a sua aprovação, disponibilizar requisitos e regimentos para obras de reformas segundo a convenção do condomínio, (quando for o caso de condomínio), como por exemplo: horário de trabalho, documentos a serem exigidos, horário para trânsito de materiais e insumos, entre outros. E após o plano de diretrizes e anotações de responsabilidade técnica da prestadora dos serviços, (esse último somente quando for necessário), serem devidamente apresentados e aprovados, esse mesmo responsável legal pelo imóvel deve autorizar a entrada na edificação de materiais, insumos e pessoas contratadas para se realizar a obra de reforma.

A norma também esclarece que somente empresas especializadas devem apresentar anotações de responsabilidade técnica sobre os serviços a serem executados na obra. Estes documentos irão classificar os serviços e informam o nome do profissional responsável por eles. Nas tabelas, a seguir, retiradas da norma ABNT NBR 16280:2014, é possível identificar quais serviços precisam ser executados por empresas especializadas e quais não. No caso em que o serviço não precise ser executado por empresa especializada, será necessário ser executado por empresa capacitada.

A norma NBR 16280 define empresa capacitada da seguinte maneira: "organização ou pessoa que tenha recebido capacitação, orientação e responsabilidade de profissional habilitado e que trabalhe sob responsabilidade de profissional habilitado, conforme ABNT NBR 5674" (ABNT, 2014, p.02). Em outras palavras, empresa capacitada seria então uma empresa que apresenta profissionais capacitados para o serviço que oferece, mas que não necessita identificar o responsável técnico por esse serviço a ser executado.

As tabelas das normas mencionadas anteriormente são apresentadas nos quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1 - Serviços e empresas responsáveis correspondentes (ABNT NBR 16280, 2014).

Sistema	Atividade	Responsável
Equipamentos industrializados	Qualquer reforma para instalação de equipamentos industrializados, com características diferentes das previstas originalmente em projeto	Empresa especializada
	Reforma para continuidade de uso do equipamento	Empresa capacitada
Hidrossanitário	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Prevenção e combate a incêndio	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Instalações elétricas	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Instalações de gás	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Dados e comunicação	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada

Quadro 2 - Serviços e empresas responsáveis correspondentes, parte 2 (ABNT NBR 16280, 2014).

Sistema	Atividade	Responsável
Automação	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Ar-condicionado, exaustão, ventilação	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Novos componentes à edificação	A instalação de qualquer componente à edificação, não previsto no projeto original ou em desacordo com o manual de uso, operação e manutenção do edifício ou memorial descritivo Qualquer obra que implique alteração de áreas da edificação ou da unidade autônoma	Empresa especializada
Revestimentos	Troca de revestimentos desde que não sejam utilizados marteletes ou ferramentas de alto impacto, para retirada do revestimento anterior	Empresa capacitada
	Troca de revestimentos com uso de marteletes ou ferramentas de alto impacto, para retirada do revestimento anterior	Empresa especializada
Impermeabilização	Qualquer reforma para substituição ou que interfira na integridade ou na proteção mecânica	Empresa especializada
Vedação	Qualquer reforma que interfira na integridade, alteração de disposição original, retirada ou inserção de novos elementos	Empresa especializada
Esquadrias e fachada cortina	Qualquer reforma, para alteração do sistema ou adequação para instalação de esquadrias ou fachada-cortina e seus componentes com especificação diferente a originalmente projetada	Empresa especializada
	Reforma ou substituição de componentes com manutenção das características originais	Empresa capacitada

Quadro 3 - Serviços e empresas responsáveis correspondentes, parte 3 (ABNT NBR 16280, 2014).

Sistema	Atividade	Responsável
Estrutura	Qualquer intervenção em elementos da estrutura, como: — furos e aberturas — alteração de seção de elementos estruturais — alteração do carregamento previsto no projeto que implique aumento ou redução de carga — reforços estruturais — recuperação estrutural — restauro estrutural — alteração de área construída — alteração da função ou uso da edificação ou de partes — remoção ou acréscimo de paredes	Empresa especializada

2.3. OBRAS DE REFORMA NO MUNDO

Obras de reforma são muito importantes em qualquer lugar no mundo, pois toda construção possui um prazo limite em que a sua estrutura e outros componentes não terão a mesma eficiência do que anteriormente, quando em seus primeiros anos de uso, pelo desgaste dos materiais ao longo dos anos. Quando a construção atinge esse prazo, é então necessário se fazer a obra de reforma para a estrutura e seus componentes do local.

Segundo Dubois e Allacker (2015), o mercado da construção civil europeu está velho. Mais de 40% das construções foram construídas antes de 1960 e cerca de 85% foram construídas antes de 1990. Logo, segundo Ferreira et. al. (2015), na maioria dos países desenvolvidos, obras de reforma são de extrema importância e chegam a representar quase 50% do mercado da construção. A demolição necessária para se construir um novo empreendimento no local de um antigo, além de custos do lixo de entulhos gerados e os efeitos no meio ambiente, fazem as obras de reforma, uma opção mais atrativa.

Logo, diante desse cenário, os países em desenvolvimento estão nesse mesmo processo de envelhecimento das suas construções também, como nos países desenvolvidos, e daqui há alguns anos, é possível haver um aumento significativo de obras de reforma nesses países. Dessa forma, esse trabalho apresenta oportunidades de uso dos seus resultados atualmente e futuramente, tanto em países em desenvolvimento como nos desenvolvidos.

3 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Segundo Rezende e Abreu (2000) apud Mendonça et. al. (2009), a tecnologia de informação impactou quase todos os setores da economia e sociedade nos últimos 30 anos. O termo TI é utilizado geralmente para designar o conjunto de recursos tecnológicos e computacionais para a geração e uso da informação, e tem como componentes o hardware e seus dispositivos; *software* e seus recursos; sistemas de telecomunicações; e gestão de dados e informações.

Partindo dessa consideração, a tecnologia da informação se resume à geração, armazenamento, transmissão, acesso e uso das informações por meio de recursos tecnológicos e computacionais, com a finalidade de solucionar problemas de um conjunto de atividades e/ou serviços. A TI, portanto, tem diferentes aplicações nas mais diversas áreas, trazendo variados benefícios, dentre eles, maior agilidade e produtividade em determinadas tarefas.

Moraes et. al. (2006) afirma que na maioria dos setores econômicos, a utilização da tecnologia de informação proporcionou formas eficazes de gerenciar o fluxo de informações entre empresas. Diante desse contexto, a construção civil, conhecida, muitas vezes, como conservadora com relação à adoção de novas tecnologias, está passando por mudanças expressivas.

Portanto, tendo em vista esse contexto, a indústria da construção civil brasileira passa por um momento de adaptação em meio a tantas inovações tecnológicas, mas já caminha para o uso cada vez maior da tecnologia de informação. E a TI, por sua vez, tem o potencial de trazer diversos benefícios para a construção civil.

3.1. A TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

"Estamos acompanhando grandes mudanças na indústria da construção civil. As empresas estão adotando várias inovações tecnológicas e algumas delas estão se consolidando como uma estratégia competitiva para as organizações" (NASCIMENTO; SANTOS, 2003, p.70). Porém, segundo Nascimento e Santos (2003), a partir da década de 80, o setor da construção civil no Brasil entrou em uma grande recessão que continua até hoje, de certo modo. Na Figura 1 a seguir, é possível identificar as grandes mudanças que ocorreram na construção civil no Brasil. O pico de 1960 a 1970, na figura, representa a época de Juscelino

Kubitschek, com a construção de Brasília na década de 60, e o "milagre econômico" na década de 70. E também houve outro pico por volta de 2008, que não consta na figura pois ela é de 2003, este pico porém, foi rápido e repentino, por volta de 2012 o Brasil já caminhava para uma nova recessão. Atualmente há essa contínua recessão novamente, como ocorreu a partir do ano de 1990, na figura 1.

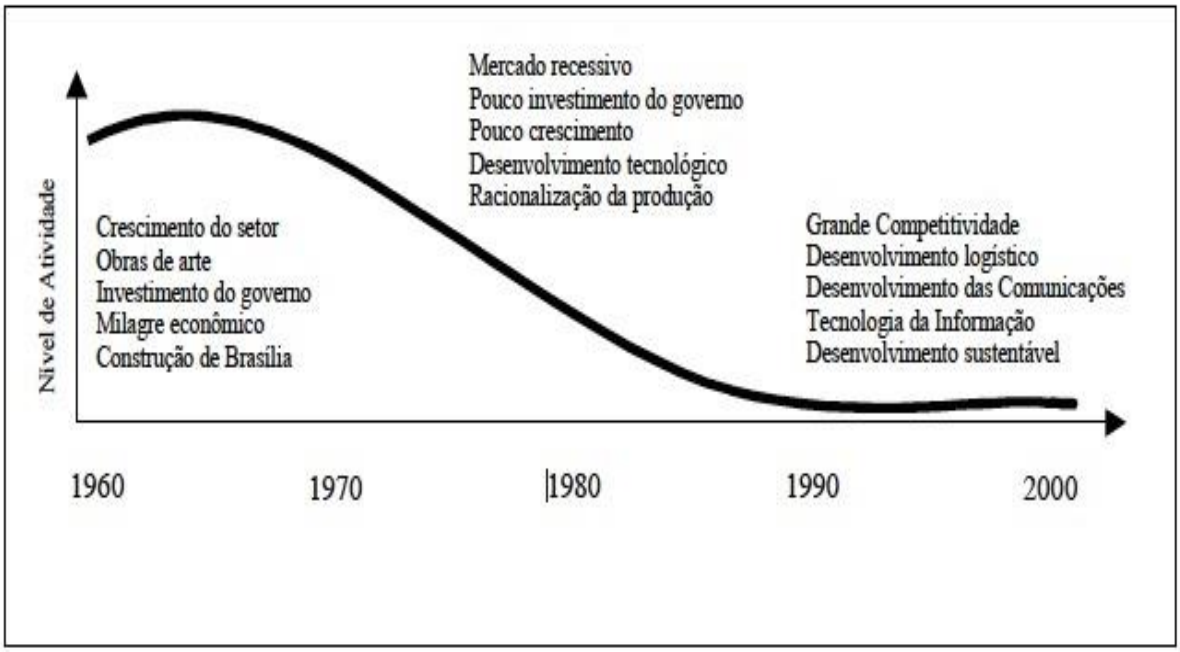

Figura 1 - Histórico recente do setor da construção civil no Brasil (NASCIMENTO; SANTOS, 2003).

Nesse contexto de contínua recessão da construção civil no Brasil, além do atual cenário de um mercado globalizado e competitivo, para sobreviverem, segundo Nascimento e Santos (2003), as construtoras, não só do Brasil, como no mundo todo, precisam acompanhar a evolução do mercado, modernizando-se, seja investindo no quadro funcional ou em equipamentos. Além disso, os profissionais precisam também se atualizar constantemente.

Dito isto, segundo Moraes et. al. (2006), se observa o aumento de interesse das empresas, tanto no âmbito nacional como internacional, em explorar novas oportunidades através da Tecnologia da Informação. A TI, por sua vez, apresenta o potencial de modernizar, atualizar e gerar aumento de produtividade significativo para essas empresas. "As oportunidades para aumento da eficiência da indústria da construção civil pela aplicação dessas tecnologias são muitas, proporcionando impacto significativo no crescimento nacional, provavelmente maior que na maioria dos demais setores" (NEWTON, 2002 apud. NASCIMENTO; SANTOS, 2002, p.01).

3.2. BENEFÍCIOS DA TI NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Alguns benefícios que se destacam da TI no setor da construção civil, segundo Moraes et. al. (2006), são:

(a) Eliminação ou diminuição do retrabalho durante as fases de projeto e construção, reduzindo, assim o tempo e custo, de forma que dados parecidos podem ser elaborados de uma só vez e acessados em muitas etapas e por diferentes profissionais, reduzindo também a possibilidade de conflito de informações entre os usuários;

(b) Melhoria na comunicação e integração interna, favorecendo o aumento da produtividade;

(c) Mais eficiência e velocidade na elaboração de projetos;

(d) Equipes virtuais desenvolvendo um mesmo projeto, permitindo simplificação na comunicação;

(e) Reutilização do conhecimento, trazendo qualidade no processo de decisão e aprimoramento do aprendizado organizacional;

(f) Maior flexibilidade operacional e aumento significativo de facilidades para associação de tarefas.

Schwegler et. al. (2001) afirma que muitos autores relatam dificuldades em se medir os benefícios da TI de forma consistente. Embora os benefícios potenciais a longo prazo da TI são bastante claros (diminuição de desperdícios, processos mais consistentes e menos variável, entre outros) não se é claro como fornecer valores e se é rentável. No entanto, um estudo, também segundo Schwegler et. al. (2001), com 700 projetos aponta que:

(a) O maior uso da TI se correlaciona com melhores desempenhos de projetos;

(b) Os proprietários e empreiteiros obtiveram benefícios significativos (melhor qualidade dos processos e produto final);

(c) Há a necessidade de aprendizagem e treinamento dos profissionais, mas os benefícios superam isto;

(d) Afeta a compreensão do cronograma de forma benéfica;

(e) Notou-se economia de custo global do projeto e redução de custos da construção em 4%, devido ao aumento do uso da TI.

Dessa forma, a tecnologia de informação tem um grande potencial de trazer uma maior produtividade para o setor da construção civil, que está altamente atrasado se comparado com outros setores da indústria. A figura 02, segundo Schwegler et. al. (2001), ilustra a

disparidade da produtividade que tem crescido entre todos os setores industriais (linha azul na figura, e inclui o setor da indústria da construção civil) e a indústria da construção civil (linha vermelha na figura), nos Estados Unidos. Essas diferenças são tão grandes que implicam em um nível de ineficiência na indústria da construção que tem sido escondido ou ignorado.

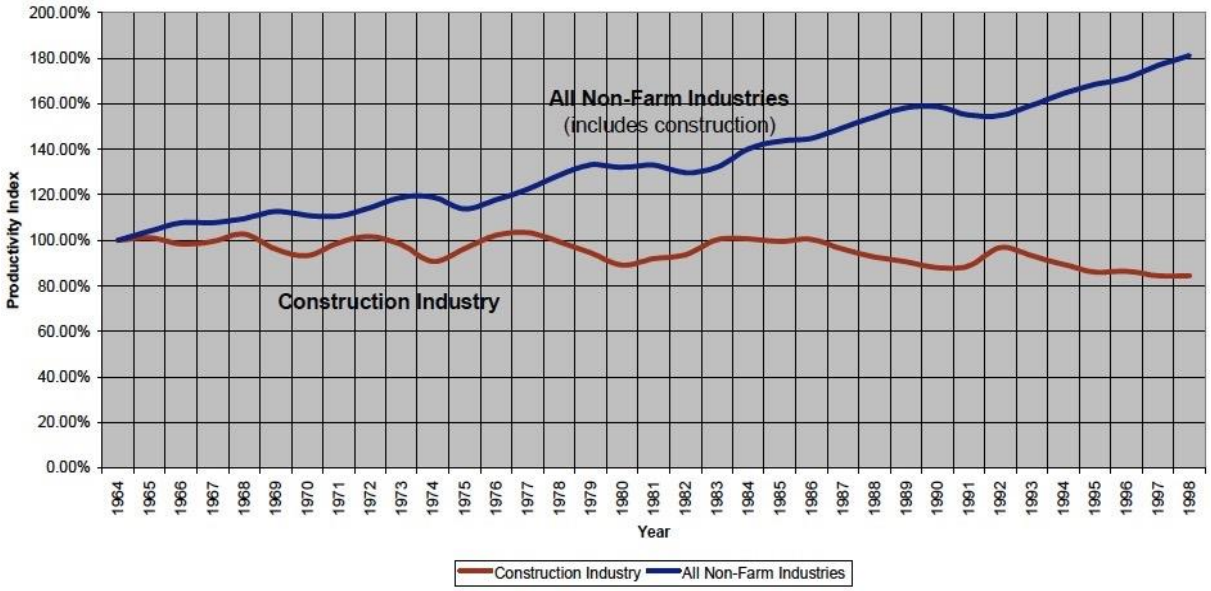

Figura 2 - Produtividade na construção civil e em todos os outros setores industriais nos EUA (SCHWEGLER et. al., 2001).

Por sua vez, o significado de produtividade, conceitualmente, segundo Mendonça et. al. (2009), relaciona produção (conjunto de operações que transformam insumos em bens ou produtos úteis) e tempo empregado nessa atividade. Em outras palavras, produtividade é a razão entre quantidade de trabalho despendida em função do tempo empregado.

Portanto, ainda segundo Mendonça et. al. (2009), a produtividade mede a eficácia da mão-de-obra, e o aumento da produtividade resulta de efeitos combinados de um grande número de fatores diferentes, como equipamentos empregados, melhoria técnica, ambiente físico, utilização eficaz das unidades de produção, entre outros.

Diante deste contexto, a utilização da TI tem potencial para aumentar a produtividade do setor da construção civil. Segundo Nascimento e Santos (2003), "o potencial de utilização da TI na indústria da construção é muito grande. Dado o tamanho do setor, suas características de uso intensivo de informações e a atual ineficiência de comunicação e baixa produtividade, os benefícios na integração da TI aos processos do setor seriam enormes". Entretanto, ainda há algumas barreiras a serem superadas para a adoção dessa tecnologia de forma generalizada pelo setor da construção civil.

3.3. BARREIRAS PARA A UTILIZAÇÃO DA TI

Segundo Souza et. al. (2009, p.75), "de forma desigual, as TI afetaram todas as atividades econômicas: setores maduros, como o têxtil, rejuvenescem; surgem novas indústrias, como a de *software*, que constituem a base de novo processo de desenvolvimento". Entretanto, segundo Andresen et al. (2000) apud Nascimento e Santos (2003, p.73), "a indústria da construção civil tem investido pouco em TI em relação a outros setores da indústria".

Nascimento e Santos (2003) acredita que há uma grande distância no mercado entre o que se pesquisa e se desenvolve academicamente na área de tecnologia da informação e a sua adoção e prática no setor da construção civil. Um bom exemplo disso é o desenvolvimento da tecnologia CAD-4D, que possui 10 anos de pesquisa, sendo que poucas empresas do setor estão incorporando ainda o CAD-3D em sua rotina, e boa parte não adotou nem uma nem outra dessas duas tecnologias e continuam usando somente o CAD-2D.

Existem muitos fatores que influenciam nesse baixo investimento e utilização da TI por parte do setor da construção civil, não só no Brasil, como em outros países, inclusive, nos países desenvolvidos. "A grosso modo, a utilização da Tecnologia da Informação no setor é semelhante em todo o mundo. Porém, pela instabilidade política e econômica que inibe os investidores no Brasil, não há o uso tão intenso como em alguns países desenvolvidos" (NASCIMENTO; SANTOS, 2003, p.73). No Brasil, há também fatores inerentes da construção civil, causados por condições históricas do desenvolvimento do país até se chegar nas condições atuais em que o país se encontra.

Segundo Nascimento e Santos (2003, p.70):

> A caracterização da indústria da construção civil como tradicional e conservadora no Brasil se dá principalmente pelo fato de que até o final da década de 70 ela teve grandes investimentos financiados pelo Estado, que não possuía nenhum programa de qualidade para o setor, fazendo com que muitas companhias não procurassem inovações. Outro fator importante é que as inovações no setor se dão ao longo de anos. Esta situação é agravada pelo fato de boa parte da mão-de-obra ser semianalfabeta, sendo mais despreparada e desqualificada do que, por exemplo, a da indústria de transformação. Isto dificulta a implementação de inovações em níveis básicos, porém, mesmo nas hierarquias superiores, costuma-se adotar métodos de gestão ultrapassados. Apesar das mudanças ocorridas nas últimas décadas, o setor ainda não conseguiu se igualar ao nível de eficiência, produtividade e qualidade de outros setores da indústria.

Além dessas barreiras presentes no Brasil, existem muitas outras que não são específicas do país, e são encontradas no mundo todo. Esse conjunto de barreiras estão ligadas

aos profissionais que atuam na área, aos longos processos estabelecidos, às características do próprio setor da construção civil e às deficiências da tecnologia de informação.

Segundo Nascimento e Santos (2002), algumas das barreiras relacionadas aos profissionais da área da construção civil, aos longos processos estabelecidos e às características do próprio setor da construção civil são:

(a) Diferentes metodologias de trabalho com a TI em diferentes empresas, gerando disparidades na forma de trabalhar de profissionais de mesmos cargos de uma empresa para outra;

(b) Existem muita diversidade nas ferramentas que os profissionais utilizam;

(c) Os profissionais são instruídos por gerentes e administradores que possuem formação técnica sem desenvoltura com a TI, já que na época em que se formaram, essa tecnologia não era conhecida e utilizada no mercado de trabalho;

(d) Os cursos de formação desses profissionais não preveem o profissional em um nível estratégico de avaliação das ferramentas, consequentemente, os profissionais têm dificuldade para avaliar ou diferenciar as ferramentas de TI disponíveis no mercado;

(e) Os profissionais estão habituados a utilizar ferramentas para monousuários e têm dificuldades em utilizar ferramentas em rede e compartilhadas;

(f) As universidades não oferecem cursos com maior ênfase nas aplicações da TI, de forma que os futuros profissionais tenham uma visão mais ampla e prática das TI's existentes para a sua área;

(g) Muitos construtores constroem elos com fornecedores e empreiteiras locais, os quais acreditam ser cruciais e insubstituíveis para o suprimento da sua obra, enquanto outros setores veem a web como oportunidade importante para reduzir custos com intermediários nas compras e descobrir novas parcerias;

(h) Falta de padronização na comunicação;

(i) Escolha de métodos de gestão ultrapassados que não incluem a utilização da tecnologia de informação;

(j) Por ser uma indústria muito grande, diversificada e fragmentada, o impacto das poucas empresas que investem em TI é pequeno na indústria da construção civil;

(k) Normalmente não há um treinamento adequado na implantação de novas tecnologias, e isto é de fundamental importância, mesmo se tratando de ferramentas tecnológicas simples como as extranets de projeto para o uso adequado de todo o potencial das ferramentas.

As barreiras relacionadas às deficiências da tecnologia de informação seriam, segundo Nascimento e Santos (2002): as incertezas sobre a segurança dos dados, (como vírus, hackers, entre outros), especialmente quando a mídia de suporte é a internet; a constante manutenção e atualização de equipamentos; geração de informação em excesso; e a necessidade de conexão à internet banda larga que nem sempre é acessível, a depender do local.

É possível notar uma quantidade razoável de barreiras para a aplicação da TI no setor da construção civil, mas vislumbra-se que o uso dessa tecnologia seja extremamente recompensador. "Para romper as barreiras à adoção maciça de TI no setor, é necessário que sejam adotadas padronizações e modernização na gestão das empresas, a fim de que sejam viabilizados os investimentos na área" (NASCIMENTO; SANTOS, 2003, p.78).

Também segundo Cruz (1998) apud Nascimento e Santos (2003), as empresas precisam repensar os seus processos para a adoção de tecnologias de informação. É preciso dar um treinamento aos funcionários para que não haja rejeição à nova tecnologia, deve-se também haver uma conscientização de que a adoção da nova metodologia irá propiciar um aumento na produtividade de forma racional, agregando valor aos processos e produtos gerados.

Uma outra solução a longo prazo, segundo Nascimento e Santos (2002), seria uma reformulação da estrutura curricular das universidades, dando-se ênfase nas aplicações das TI's no setor da construção civil, de forma que os futuros profissionais tenham uma visão mais ampla e prática sobre o assunto.

Dessa forma, ainda há muitas barreiras a serem superadas para a aplicação da TI no setor da construção civil. Entretanto, já existem muitas soluções para a maioria dessas barreiras. Caberá a cada empresa analisar cautelosamente qual tecnologia de informação servirá melhor para a sua situação, eliminar as barreiras para a sua aplicação e avaliar também as vantagens do novo método e sua real aplicabilidade dentro da empresa.

3.4. TENDÊNCIAS DA TI

Moraes et. al. (2006) afirma que devido ao tamanho do setor da construção civil, suas características de uso intenso de informações, atual ineficiência de comunicação e baixa produtividade, os benefícios da utilização da TI aos processos do setor seriam significativos. Há uma expectativa muito grande sobre a Tecnologia de Informação solucionar um grande número de problemas apresentados pelo setor da construção civil, aprimorando o

compartilhamento, armazenamento e troca de informações entre os projetos eletrônicos, tornando fundamental a incorporação do usuário na participação e desenvolvimento de ferramentas que visem à integração dos processos, gerando aumento da produtividade e melhoria da qualidade nos processos.

Ainda segundo este autor, algumas das principais tendências da utilização da Tecnologia de Informação na construção civil são:

(a) Facilidade em integração e comunicação;

(b) Desenvolvimento de um padrão para comunicação e transferência de dados, incluindo conhecimentos adquiridos no passado e em novos empreendimentos;

(c) Gerenciamento de informações de projetos baseada em modelos, compartilhado por todos os profissionais envolvidos e implementado em diferentes situações;

(d) Padronização de nomenclaturas e vocabulários específicos do setor;

(e) Utilização de modelos 4D para a integração e melhor monitoramento da execução com o projeto;

(f) Mudanças no processo de compras de materiais e serviços, inclusive usando estratégias *Just-In-Time*;

(g) Simulação e monitoramento de tarefas como medida de produtividade, análise de riscos, alocação de recursos, planejamento do canteiro, entre outros.

Segundo o Sistema FIRJAN (2013), se observa como tendência no cenário americano, canadense e europeu, uma convergência para uma industrialização do processo de construção. Além disso, há uma tendência para a automação e robotização do processo construtivo, como também, pesquisas e desenvolvimento de novos materiais de construção, que obtenham vida mais longa, produzindo menos lixo para o meio ambiente.

"Para atingir esses benefícios, as empresas do setor precisarão implementar mudanças estruturais fundamentais nos processos e no gerenciamento organizacional, bem como no desenvolvimento de recursos humanos" (AMOR et. al., 2001, apud MORAES et. al., 2006, p.10). Diante desse contexto, para a melhor utilização e obtenção de resultados positivos da utilização da TI no setor da construção civil, é de vital importância o treinamento e conscientização dos profissionais, além da modernização gerencial organizacional da empresa.

3.5. UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS

Outros setores da indústria têm uma importante vantagem sobre a indústria da construção civil com relação a implementação de novas tecnologias, como a TI, em suas linhas de produção e fabricação. Os produtos desses setores industriais passam por várias etapas de produção, em que cada etapa há profissionais treinados e instruídos às tarefas das suas respectivas etapas, até se chegar ao produto final. No entanto, na construção civil, os profissionais percorrem o produto. Eles têm que ir até o local onde será feita cada etapa (fundação, alvenaria, pintura, entre outros), logo não se há um local fixo de produção. O trabalhador tem que ir a cada etapa e levar consigo a tecnologia e materiais necessários.

Apesar desta dificuldade, a indústria da construção civil recentemente mostra interesse na utilização da TI através de dispositivos móveis. Segundo Bowden et. al. (2006), o desenvolvimento contínuo de tecnologias móveis como computadores portáteis, smartphones e tablets, juntamente com a mais recente geração de infraestrutura de comunicações (3G, 4G, WLAN e GPRS) podem facilitar a ligação trabalhador ao ponto de atividade durante a construção.

Ainda segundo os autores Bowden et. al. (2006), em 1983, o Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação na Construção (conhecido como CIB) formou a Comissão de Trabalho W78 com foco inicial em CAD, mas já foi ampliado para a utilização da TI em construções. E os programas da conferência em 2002 e 2003 incluíram também o uso da TI através de dispositivos móveis no estudo.

Além disso, segundo o International Council For Research And Innovation In Building and Construction (2013), influências socias e tecnológicas já estão mudando significativamente o setor da construção civil. O uso da TI através de dispositivos móveis também já está presente nos canteiros de obras e escritórios de planejamento de obras, trazendo uma melhoria sem precedentes na troca de informações entre os funcionários. Sarshar et. al. (2000) apud Bowden et. al. (2006) conduziram uma revisão literária sobre a TI na construção civil apoiada por workshops acadêmicos e industriais. Na revisão, eles citam como principais exemplos de usos da tecnologia móvel na construção civil:

(a) Habilidade de montagem: funcionários podem usar telefones móveis de terceira geração para visualizar e utilizar a ferramenta zoom em diferentes áreas dos edifícios e verificar como será a montagem de cada componente e/ou serviço;

(b) Programação e monitoramento do progresso: a medida que a construção avança, os profissionais atualizam as informações da programação da construção. Qualquer problema ou mudanças serão salvas no modelo. Isso permitirá que a monitoração virtual dos progressos se mantenha sempre atualizada;

(c) Informação *As-built*: se o projeto for alterado, devido a considerações de última hora, informações do *as-built* podem ser capturadas e entregues ao cliente.

Além disso, Bowden et. al. (2006) conduziu estudos de caso que envolviam profissionais da área da construção civil usando dispositivos móveis para resolver problemas específicos da construção, com isso, sumarizou pontos que podem ser melhorados através do uso da tecnologia móvel no presente e no futuro. Algumas dessas melhorias são: redução de tempo e custo na construção, redução de custos de manutenção, redução de erros, redução de acidentes, redução de desperdício, e aumento da produtividade.

As áreas de cadastramento de obras e acompanhamento da construção através dos *as-built* são áreas que utilizam ainda poucas ferramentas da TI, utilizando, na sua maioria, medidas obtidas manualmente, trazendo lentidão a esses processos. Entretanto, a tecnologia móvel fornece a oportunidade de criar rapidamente modelos 3D de objetos e locais, podendo também criar e guardar informações para o *as-built* da obra.

3.6. MODELAGEM 3D

Segundo Hong et. al. (2015), a criação de um modelo 3D, incluindo a aquisição dos dados e medidas espaciais necessários para a sua criação, implica em enorme demanda de tempo e recursos humanos. Com a finalidade de acelerar os processos de aquisição desses dados e medidas, muitos fornecedores comerciais e grupos de pesquisa têm desenvolvido e estudado diferentes tecnologias.

Algumas dessas tecnologias são: escaneamento 3D a laser, fotogrametria e, a mais recente e ainda pouco utilizada, aplicativos para dispositivos móveis.

3.6.1. Escaneamento 3D a laser

O escaneamento 3D a laser consiste na técnica de emissão de pulsos laser que atingem objetos e voltam, em parte, para o aparelho de escaneamento a laser. Dessa forma são feitas as medidas das distâncias entre o aparelho e os objetos. Segundo Xiong et. al. (2013), um scanner a laser 3D fornece medidas de distância que podem ser convertidas em um conjunto de pontos 3D, conhecido como uma nuvem de pontos. Medidas de um ponto individual podem ter precisão de alguns centímetros de diferença da realidade ou menos de um milímetro, dependendo do sensor, do seu alcance e da superfície a ser escaneada. Para se obter cobertura suficiente para um edifício, o aparelho de escaneamento a laser é posicionado em diferentes posições, ao longo e ao redor do edifício, e as nuvens de pontos de cada local são combinadas em um sistema comum de coordenadas.

Segundo Gonçales (2007), normalmente, os aparelhos de medição a laser 3D utilizam algum desses 3 princípios:

(a) Triangulação: os aparelhos baseados nesse princípio possuem, no mínimo, um sensor CCD e laser. Quando algum pulso laser é emitido, o seu retorno é registrado por um ou mais sensores CCDs que o aparelho conter. Dessa forma, conhecendo-se a posição da base do aparelho e registrando-se os ângulos de varredura dos pulsos no sistema, determina-se a posição dos pontos do objeto.

(b) Tempo de percurso (*Time of flight*): esse princípio é baseado utilizando a velocidade da luz como base de cálculo para se obter as posições dos pontos do objeto.

(c) Diferença da fase: os aparelhos baseados nesse princípio geralmente dividem o feixe de laser emitido em três faixas diferentes. O cálculo das coordenadas dos pontos refletidos pelos objetos é realizado comparando-se os três comprimentos de onda.

Entretanto, a técnica de escamento a laser 3D possui algumas limitações. Segundo El-Omari et. al. (2008), limitações para essa metodologia incluem o tempo necessário para realizar um único escaneamento e o número de posições diferentes necessárias para adquirir informações com boa precisão. E segundo Bhatla et. al. (2012), as principais limitações para essa tecnologia são: investimento inicial de custo alto (os equipamentos são caros) e é necessário o treinamento dos profissionais; os equipamentos geralmente não são portáteis, logo não é fácil transportá-los e isso acarreta em um gasto de tempo relativamente grande; a precisão dos equipamentos de scanner a laser dependem muito dos parâmetros do ambiente e objetos, como a refletividade da superfície, a textura da superfície, e do clima; as análises das

nuvens de pontos também levam muito tempo quando comparadas com outras tecnologias como a fotogrametria.

3.6.2. Fotogrametria

A fotogrametria é uma tecnologia que consiste em obter informações sobre a geometria de um objeto por meio de fotografias. Segundo Bhatla et. al. (2012), essa tecnologia utiliza imagens 2D tiradas por câmeras digitais para criar um modelo 3D de um objeto. Como é uma técnica sensorial remota, ela não precisa tocar fisicamente o objeto. Essa técnica tem como princípio triangulações passivas para mensurar objetos. Coordenadas 3D (x,y,z) são obtidas localizando-se o mesmo ponto em duas ou mais posições diferentes da câmera e a reconstrução das informações em 3D é feita por *softwares* utilizando as interseções dos pontos nas sequências de fotos tiradas. Alguns passos para a derivação das informações geométricas, utilizando a fotogrametria, são:

Passo 1: selecionar pontos de um objeto para funcionar como os "alvos" das fotos;

Passo 2: calcular as posições e orientações da câmera;

Passo 3: construção de informações para um modelo 3D, usando intersecções das localizações dos pontos ("alvos") do objeto.

Em outras palavras, a técnica da fotogrametria consiste em posicionar estrategicamente alvos nos objetos a serem fotografados (posicionando-se pedaços de papel em diferentes posições do objeto, por exemplo), e em identificar as coordenadas desses alvos. Fotos de cada objeto têm que ser tiradas de diferentes posições e ângulos também.

A vantagem da fotogrametria sobre a técnica de escaneamento a laser, segundo El-Omari et. al. (2008), é a utilização das imagens fotográficas para posteriormente se obter informações pertinentes sobre a textura e cor do objeto.

Entretanto, essa tecnologia possui também suas limitações. Segundo Bhatla et. al. (2012), uma limitação importante é que essa técnica depende da luz natural do ambiente e não pode ser realizada em ambiente com luz insuficiente. Outra limitação é a inabilidade de se gerar uma nuvem de pontos se a superfície do objeto conter pequenas diferenças de textura ou aparência, além de também ser gasto um tempo considerável para tirar fotos em diferentes ângulos e posições do mesmo local e/ou objeto.

3.6.3. Aplicativos para dispositivos móveis

Essa tecnologia foi a utilizada no presente trabalho. Ela é recente no mercado, e por isso, o seu uso ainda não foi muito difundindo na construção civil. Segundo Madhurya et. al. (2014), por anos, trenas e/ou réguas foram bons amigos da engenharia civil, auxiliando nas medições e cadastros de obras. Hoje, com o avanço da tecnologia móvel, estamos diante de uma era em que os dados físicos podem ser alimentados diretamente em uma plataforma de *software* e várias medidas podem ser capturadas rapidamente e com precisão. Há dispositivos a laser que podem obter tais dados também, porém esses dispositivos trabalham isolados, não trabalham integrados com sistemas de modelagem 3D, como os atuais aplicativos para dispositivos móveis, (sendo necessário se fazer a interpretação das nuvens de pontos de cada objeto em um modelo 3D). Esta integração realizada com os aplicativos promove redução de tempo, levando a criação de modelos 3D na engenharia civil para um nível superior.

Algumas vantagens dessa tecnologia com dispositivos móveis, em comparação com o escaneamento 3D a laser e a fotogrametria, são:

(a) como é utilizada através de dispositivos móveis, que são portáteis, é muito fácil e prático de ser transportada;

(b) não há necessidade de treinamento de profissionais, qualquer usuário pode facilmente assistir aos vídeos de tutoriais disponíveis pelos próprios aplicativos e aprender a utilizar e a calibrar o dispositivo móvel em alguns minutos;

(c) não há um alto investimento de custo inicial, pois o custo desses aplicativos é relativamente baixo;

(d) não há a necessidade de interpretação e análise de nuvens de pontos para a realização de um modelo 3D, pois o modelo ou planta baixa é gerado automaticamente pelo aplicativo;

(e) não há a necessidade de se posicionar alvos sobre os objetos a serem medidos;

(f) não há a necessidade de se tirar muitas fotos do mesmo local com diferentes ângulos e posições, pois só uma utilização do aplicativo por cômodo já é suficiente.

Dessa forma, foram escolhidos alguns aplicativos para serem utilizados no estudo de caso desse trabalho com o objetivo de avaliar a precisão, desvantagens, vantagens e aplicabilidade dessa tecnologia na área da construção civil, no cadastramento de obras de reforma.

4 METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho se baseia em 4 etapas descritas ao longo desse capítulo. São elas: Revisão bibliográfica, escolha das ferramentas, aplicação das ferramentas e avaliação dos resultados. O fluxograma abaixo, figura 3, apresenta estas etapas (em azul) com os instrumentos utilizados em cada etapa (em amarelo). As siglas RSP e MP, na figura 3, representam, respectivamente, os aplicativos RoomScan Pro e MagicPlan.

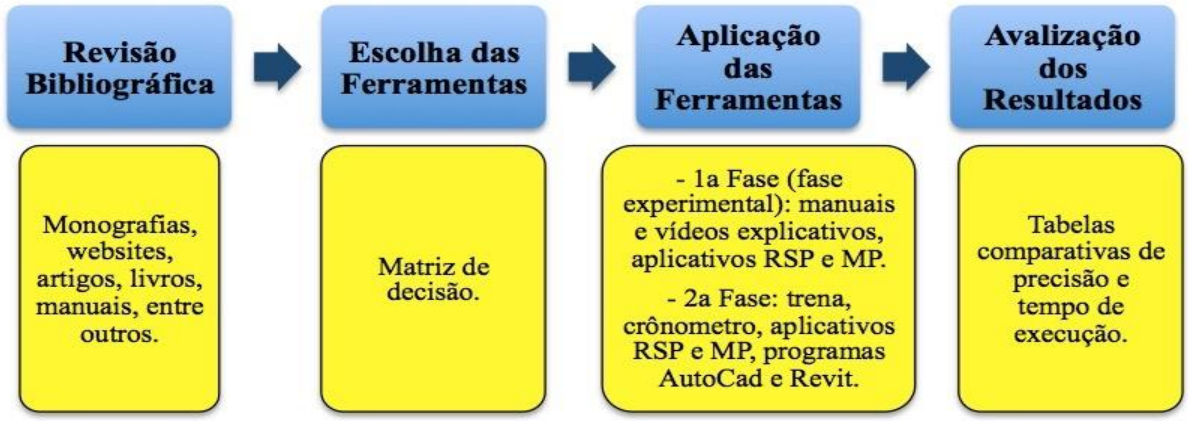

Figura 3 - Fluxograma da metodologia do trabalho.

4.1. ETAPAS DA PESQUISA

4.1.1. Revisão bibliográfica

A primeira etapa desse trabalho se baseia em uma revisão bibliográfica sobre os conceitos e regulamentos brasileiros para obras de reforma, como também, sobre os conceitos e utilização da tecnologia de informação para o cadastramento de obras e realização de modelo 3D automatizados, além da utilização dessa tecnologia para o setor da construção civil em geral. A revisão bibliográfica descrita foi fundamentada em monografias, websites, artigos, teses, livros e manuais nacionais e internacionais.

4.1.2. Escolha das ferramentas - matriz de decisão

Após a revisão bibliográfica, iniciou-se o estudo para a escolha dos aplicativos para dispositivos móveis a serem utilizados com a finalidade de auxiliar tanto no cadastramento da

obra de estudo de caso, como na realização do modelo 3D da obra. Para facilitar a escolha desses aplicativos foi utilizada uma matriz de decisão.

Matriz de decisão é uma ferramenta utilizada para facilitar tomadas de decisões e consiste em selecionar a melhor alternativa pela determinação da maior média ponderada das notas de cada alternativa. Para se obter as notas, deve-se escolher critérios para a avaliação das alternativas e determinar pesos para cada critério. Assim, a matriz é construída com alternativas e critérios em eixos diferentes, e pesos seguindo o mesmo eixo dos critérios.

4.1.2.1. Escolha dos critérios

A escolha dos critérios e dos seus respectivos pesos é subjetiva e depende do conhecimento e objetivo do tomador de decisão sobre o assunto. Segundo Moraes e Santaliestra (2008), esse método trabalha com variáveis quantitativas e qualitativas, e permite que as avaliações sejam feitas com base no conhecimento e em impressões subjetivas que o tomador de decisão tem sobre o assunto em estudo. Esses conhecimento e impressões subjetivas são transformados em um conjunto de notas que servirão de base para a classificação das alternativas.

Desse modo, os critérios escolhidos foram determinados com o objetivo de analisar qual aplicativo auxiliaria de melhor forma no cadastro de obras, e os seus respectivos pesos foram determinados de maneira que os critérios mais relevantes para o auxílio no cadastramento e desenvolvimento de um modelo 3D do local, tivessem maior peso. Os pesos também foram determinados de maneira que sua soma resultasse em 100, facilitando a análise da nota final de cada alternativa, que é uma média ponderada, de zero a dez.

Assim, os critérios escolhidos foram:

(a) A possibilidade de se adicionar textos manualmente, como comentários, nas fotos. (Esse critério teve peso 1, pois não auxilia tanto no cadastro da obra. No entanto, essa ferramenta pode ser facilitadora de decisões em uma obra de reforma, quando usada para rápida comunicação com funcionários ou com clientes);

(b) Medidas podem ser adicionadas manualmente nas fotos. (Esse critério teve peso 2, pois também não auxilia tanto no cadastro da obra, comparando-se com a possibilidade de se gerar medidas automáticas na foto tirada. No entanto, assim como o critério anterior citado, pode auxiliar na rápida comunicação e tomada de decisões em uma obra de reforma);

(c) Medidas de distância geradas automaticamente ao se tirar fotos. (Critério muito importante para o auxílio no cadastro da obra, por isso recebeu peso 10);

(d) Medidas de comprimento geradas automaticamente ao se tirar fotos. (Critério muito importante para o auxílio no cadastro da obra, por isso recebeu peso 10);

(e) Medidas de altura geradas automaticamente ao se tirar fotos. (Critério muito importante para o auxílio no cadastro da obra, por isso recebeu peso 10);

(f) Medidas de área e volume geradas automaticamente ao se tirar fotos. (Critério muito importante para o auxílio no cadastro da obra, por isso recebeu peso 10);

(g) Garantia de precisão das medidas geradas automaticamente. (Critério muito importante para o auxílio no cadastro da obra, por isso recebeu peso 10. As notas foram dadas de acordo com a descrição do fabricante do aplicativo sobre o seu produto: aplicativos que não constavam garantia de precisão receberam nota zero, aplicativos que constavam garantia de precisão de 10 cm a 15 cm receberam nota 7, aplicativos com garantia de precisão igual a 3% receberam nota 9);

(h) Fornece vídeos ou manuais explicativos sobre como calibrar o aparelho de maneira correta para se obter as medidas. (Este critério recebeu peso 7, por ser considerado importante);

(i) Gera projeto 2D e 3D do(s) ambiente(s), ao mesmo tempo em que toma as medidas, automaticamente. (Critério muito importante para o auxílio no cadastro da obra e geração do modelo 3D, por isso recebeu peso 10);

(j) Exportação dos projetos gerados para AutoCad e/ou SketchUp. (Critério muito importante para o auxílio no cadastro da obra e geração do modelo 3D, por isso recebeu peso 10).

4.1.2.2. Avaliação e resultado da matriz

Depois da realização da escolha desses critérios e seus respectivos pesos, além da classificação das suas respectivas notas para cada aplicativo, resulta-se na nota final para cada alternativa. Três aplicativos foram escolhidos para se fazer o estudo de caso desse trabalho. Dessa forma, os 3 aplicativos que obtiveram maior nota final na matriz de decisão, Tabela 1, foram os escolhidos.

4.1.3. Aplicação das ferramentas

O objetivo, nessa fase, é a utilização das ferramentas escolhidas na etapa anterior para o auxílio na realização do cadastramento do local em estudo, e da construção do seu modelo 3D. Para isso, essa etapa foi divida em duas:

1. Primeiramente, é realizada uma fase de testes com os aplicativos para dispositivos móveis, em que é estudado os vídeos e manuais explicativos dos fabricantes de cada aplicativo, além de ser efetuada a correta calibragem do aparelho móvel para cada aplicativo (segundo o seu respectivo manual), e por fim, a realização de testes em pequenos cômodos, como quartos, salas e banheiros.
2. Após essa etapa de testes, ocorre a utilização efetiva dos aplicativos para dispositivos móveis na obra de reforma do estudo de caso deste trabalho, e a construção do seu modelo 3D, assim como, o planejamento de um plano de diretrizes para a obra de reforma, utilizando o modelo 3D desenvolvido como auxílio.

O cadastramento da obra de reforma em estudo é feito também pelo método tradicional e manual, utilizando-se trena, sem auxílio algum de aplicativos para dispositivos móveis. Além disso, foi usado cronômetro para o cadastramento manual e com o uso dos aplicativos. Dessa forma, é possível comparar a utilização desse novo método para o cadastramento de obras com o método tradicional.

4.1.4. Avaliação dos resultados

Nesta etapa, é possível ser feita a avaliação da aplicabilidade, vantagens, limitações e potencialidades da utilização desse novo método para cadastramento de obras, fazendo-se um comparativo entre medidas e dados obtidos pelo método manual tradicional com os obtidos pelo novo método.

Por fim, o quadro 4 apresenta as atividades, ferramentas e resultados de cada objetivo específico do presente trabalho.

Quadro 4 - Quadro de objetivos.

Objetivo Geral	Avaliar a utilização da tecnologia da informação com dispositivos móveis no auxílio do cadastramento e modelagem 3D de obras de reforma.		
Objetivos Específicos	**Metodologia**		
	Atividades	**Ferramentas**	**Resultados**
Conhecer os conceitos e regulamentos brasileiros para obras de reforma, e conhecer os conceitos sobre a utilização da tecnologia de informação para o cadastramento de obras.	Revisão bibliográfica.	Monografias, sites, artigos, teses, livros e manuais nacionais e internacionais.	Obtenção de maior conhecimento e domínio dos conceitos referentes às ferramentas de TI e às obras de reforma no Brasil.
Realizar o cadastramento da obra e desenvolver o seu Modelo 3D com o auxílio da TI.	Cadastramento da obra com o auxílio da TI com dispositivos móveis.	Aplicativos para dispositivos móveis e cronômetro.	Cadastramento da obra feito com a utilização desses aplicativos e verificação da precisão e produtividade com essa tecnologia em comparação com método tradicional manual.
	Cadastramento manual.	Trena e cronômetro.	
	Construção do Modelo 3D.	Revit® e AutoCad®.	Representação em 3D, com a verificação da agilidade e precisão durante a realização desse modelo, além servir como base no planejamento do plano de diretrizes da obra de reforma.
Avaliar a utilização do novo método para cadastramento de obras.	Avaliar a precisão e aplicabilidade da utilização desse novo método para o cadastramento da obra.	Medidas e dados obtidos pelo novo método, medidas e dados obtidos pelo método manual.	Identificação das vantagens, limitações e potencialidades do novo método, e avaliação da sua real aplicabilidade.

5 ESTUDO DE CASO

Esse capitulo se dedica à apresentação dos aplicativos para dispositivos móveis avaliados e à seleção dos utilizados no estudo de caso do presente trabalho, assim como à utilização das ferramentas selecionadas para o cadastramento da obra de reforma. A utilização das ferramentas selecionadas foi dividida em duas etapas, e após a sua finalização, foi desenvolvido o modelo 3D do local que, por sua vez, foi utilizado para auxiliar no plano de diretrizes para a obra de reforma em estudo. Por fim, os resultados foram avaliados e discutidos.

5.1. MATRIZ DE DECISÃO E SELEÇÃO DOS APLICATIVOS

Inicialmente, foi feita uma pesquisa para identificar os aplicativos passíveis de uso no presente trabalho. Os identificados foram escolhidos com base em recomendações de websites de arquitetura e engenharia, assim como, recomendações feitas pelos usuários dos aplicativos nas suas respectivas páginas de compra na internet ou na loja virtual de compra de aplicativos disponível no dispositivo móvel. Os aplicativos e suas características principais avaliados na matriz de decisão foram:

- Photo Measures Lite, da Big Blue Pixel Inc.: Esse aplicativo permite que o usuário tire fotos de um local e escreva manualmente as medidas das dimensões e objetos que quiser na foto. Assim, o usuário poderá salvar medidas de objetos diretamente nas fotos do seu aparelho móvel. Além disso, o usuário poderá editar as medidas sempre que quiser, dar zoom nas fotos, e também adicionar textos como comentários.
- CamMeasure Lite, da peAfe GbR: Com esse aplicativo, o usuário pode medir distâncias, alturas, larguras e até mesmo áreas de objetos e locais vistos através da lente da câmera do seu aparelho móvel. Ele poderá salvar as medidas que quiser nas fotos tiradas do local. Além disso, o aplicativo oferece vídeos curtos explicando todas as funções e procedimentos de medição e calibração do aparelho. Entretanto, somente a função de medir distâncias é gratuita, as outras funções de medidas de altura, largura e áreas são pagas. Além disso, o fabricante assegura uma garantia de precisão para a versão paga Pro, em que se admite um erro de somente 3%, se a

calibração do aparelho móvel com o aplicativo e os procedimentos de medição forem executados de forma correta. Já a versão Lite, gratuita, não há essa garantia.

- Easy Measure, Caramba App Development: Com esse aplicativo, o usuário pode medir a distância até os objetos vistos através da lente da câmera do seu aparelho móvel. A altura da lente da câmera e o seu ângulo de inclinação são utilizados para calcular a distância até o objeto. Com a versão paga, é possível se medir também a largura e altura dos objetos. E o aplicativo também oferece vídeos e tutorias explicativos sobre como utilizar o aplicativo corretamente para se obter as medidas desejadas do local.
- Magic Plan, da Sensopia: A partir de fotos tiradas pela câmera do aparelho móvel, marcando-se a localização dos vértices do ambiente, o aplicativo gera uma planta baixa do local com todas as medidas (gera medidas de comprimento, altura e áreas). Para melhorar a sua precisão, pode ser usado em conjunto com medidor a laser. Além disso, a sua versão paga permite exportação do arquivo para o AutoCad e SketchUp, garantindo uma precisão de, no mínimo, 15 cm, segundo a Sensopia. O aplicativo está disponível para sistema *Android* e *IOS*.
- RoomScan Pro, da Locometric: Disponível apenas para sistema *IOS*, o aplicativo, em sua versão gratuita também, é capaz de fazer desenhos da planta baixa do local, bastando somente encostar o aparelho móvel nas paredes. Ele também gera as medidas de comprimento e áreas. Além disso, notas e fotos podem ser adicionados às plantas. O erro de precisão está estimado em 10 cm pelo fabricante. Mas para aumentar a precisão das medidas na planta baixa, o aplicativo pode ser usado em conjunto com um medidor à laser: é só caminhar pelo ambiente, obter o desenho, e adicionar as medidas tiradas à laser manualmente. Com a versão Pro, não gratuita e utilizada no presente trabalho, portas e janelas podem ser adicionadas ao se cadastrar o ambiente em que se está utilizando o aplicativo. Além disso, os cômodos cadastrados podem ser conectados uns com os outros para gerar uma planta baixa de todo o piso. O aplicativo também pode exportar as plantas para AutoCad e SketchUp.
- Spike, da IkeGPS: Esse aplicativo funciona em conjunto com um pequeno aparelho que pode ser acoplado à capa do celular ou tablet. Esse pequeno aparelho combina laser, bússola 3D e *bluetooth*, que funcionando com a câmera e GPS do aparelho móvel, reproduz um modelo 3D escalável do objeto ou edificação, desde que estejam cerca de, no máximo, 200 m de distância. É necessário, para isso, tirar fotos, e então

é possível se obter medidas importantes como distância, altura, largura, área e volume, criando um modelo 3D compatível com o SketchUp. A IkeGPS garante um erro de precisão de no máximo 3%. O aplicativo está disponível para sistema *Android* e *IOS*.

A matriz de decisão, disponível na tabela 1, expõe a avaliação desses aplicativos e as suas respectivas notais finais.

Tabela 1 - Matriz de decisão.

Matriz de Decisão							
Critérios	Pesos	Alternativas - Aplicativos em análise					
		Photo Measures Lite, Big Blue Pixel Inc.	CamMeasure Lite, peAfe GbR	Easy Measure, Caramba App Development	Spike, IkeGPS	RoomScan, Locometric	Magic Plan, Sensopia
Adicionar textos e comentários manualmente nas fotos	1	10	0	0	0	10	0
Medidas podem ser adicionadas manualmente nas fotos	2	10	0	0	0	10	10
Medidas de distância geradas automaticamente	10	0	10	10	10	10	10
Medidas de comprimento geradas automaticamente	10	0	10	10	10	10	10
Medidas de altura geradas automaticamente	10	0	10	10	10	0	10
Medidas de área geradas automaticamente	10	0	10	0	10	10	10
Medidas de volume geradas automaticamente	10	0	0	0	10	0	0
Garantia de precisão das medidas geradas	10	0	0	0	9	7	7
Fornece videos ou manuais explicativos sobre a calibragem do aparelho e sobre a utilização correta do aplicativo	7	0	10	10	10	10	10
Gera projeto 2D do ambiente, com todas as medidas	10	0	0	0	10	10	10
Gera projeto 3D do ambiente, com todas as medidas	10	0	0	0	10	0	10
Exportação dos projetos gerados para AutoCad e/ou SketchUp	10	0	0	0	10	10	10
Total Pontos (de zero a 10):		**0,3**	**4,7**	**3,7**	**9,6**	**6,7**	**8,6**

Os três últimos aplicativos (Magic Plan, RoomScan Pro e Spike) receberam maior nota final pela matriz de decisão (Tabela 1), e, portanto, foram escolhidos para a realização do estudo de caso desse trabalho. Entretanto, como o aplicativo Spike da IkeGPS exige a compra do pequeno aparelho que tem que ser acoplado ao dispositivo móvel para a garantia de uma boa precisão, e ainda não é possível se fazer o frete da compra desse aparelho dos Estados Unidos para o Brasil pelo site da IkeGPS, não foi possível realizar a sua compra. Logo, esse aplicativo não pôde ser testado neste trabalho.

Portanto, no estudo de caso do presente trabalho, somente os aplicativos Magic Plan e RoomScan Pro foram testados. Eles foram utilizados em diferentes locais e situações. Os aplicativos também apresentam vídeos e manuais explicativos que esclarecem como calibrar o aparelho móvel de forma correta e como utilizá-lo corretamente para a obtenção das medidas através do uso dos aplicativos. E ao final do estudo de caso, pôde-se concluir melhor sobre aspectos como precisão, desvantagens, vantagens e real aplicabilidade dessa tecnologia na área da construção civil, mais especificamente, no cadastramento de obras de reforma.

5.2. UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS - ETAPA 1

Feita a escolha dos aplicativos a serem utilizados para o estudo de caso do presente trabalho, inicia-se a primeira etapa da utilização das ferramentas escolhidas. Esta etapa consiste no estudo sobre como utilizar os aplicativos selecionados para a realização do cadastro de obras através da leitura de manuais e acesso aos vídeos explicativos fornecidos pelos próprios aplicativos. Além disso, foram feitas as calibragens necessárias do dispositivo móvel, utilizado no estudo de caso, de acordo com as instruções de cada aplicativo. E posteriormente, os aplicativos foram utilizados para o cadastro de pequenas áreas com a finalidade de se colocar em prática o que foi estudado nos manuais de cada fabricante, e assim, verificar e corrigir erros que possam ocorrer devido à falta de experiência da autora com o manejo dos aplicativos.

5.2.1. Estudo de manuais e vídeos dos aplicativos

Nos Websites dos fabricantes dos aplicativos RoomScan Pro e MagicPlan há alguns vídeos com instruções de como utilizar corretamente os aplicativos para fazer o cadastro de cômodos. Entretanto, maiores informações e instruções com maiores detalhes são obtidas somente através do download dos aplicativos no dispositivo móvel, pois elas são encontradas diretamente nos aplicativos.

O aplicativo RoomScan Pro possui uma página em que o usuário pode ler as instruções, assistir a vídeos de demonstração ou obter assistência técnica através de email. A figura 4 apresenta essa página, e as figuras 5 e 6 apresentam as instruções que o aplicativo oferece quando o usuário escolhe a opção "ler instruções". É importante esclarecer que todas as figuras que conterem as siglas MP e RSP, a partir desta página, se referem aos aplicativos MagicPlan e RoomScan Pro, respectivamente.

Figura 4 - Página com manuais do RSP.

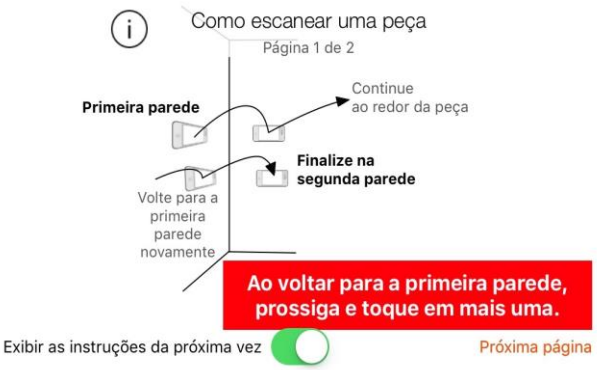

Figura 5 - Primeira parte das instruções do RSP.

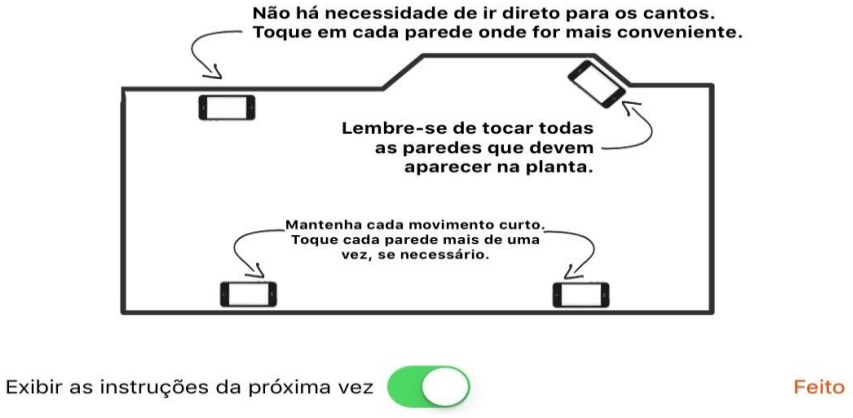

Figura 6 - Segunda parte das instruções do RSP.

Portanto, para utilizar o aplicativo RoomScan Pro para o cadastramento de cômodos, o usuário precisa tocar em todas as paredes do cômodo com o dispositivo móvel, mantendo movimentos curtos. Então caso a parede tenha um comprimento tal que o usuário não manteria um movimento curto tocando-a somente uma vez, ele poderá tocar nesta parede mais de uma vez.

O aplicativo MagicPlan, por sua vez, possui uma página chamada "Ajuda", em que contém as mais diversas informações e instruções que estão separadas por tópicos. O conteúdo dos tópicos está ou em formato de vídeo, ou em imagens com instruções, ou até mesmo, em somente instruções escritas. A figura 7 apresenta a página Ajuda do aplicativo, e as figuras de 8 a 12 apresentam partes do vídeo explicativo para o tópico "Capturando um Quarto" que a página disponibiliza.

É possível observar pelas instruções dadas pelo aplicativo, que a sua versão em português ainda precisa de algumas melhoras quanto a tradução de alguns termos. Na figura 10, por exemplo, o termo "revolva" poderia ser substituído por "rotacione". Entretanto, isto não deve impossibilitar o usuário a entender as instruções fornecidas pelo aplicativo.

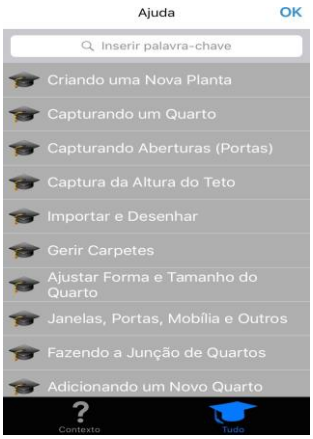

Figura 7 - Página de ajuda do MP.

Figura 8 - Parte 1 do vídeo explicativo do MP.

Figura 9 - Parte 2 do vídeo explicativo do MP.

Figura 10 - Parte 3 do vídeo explicativo do MP.

Figura 11 - Parte 4 do vídeo explicativo do MP.

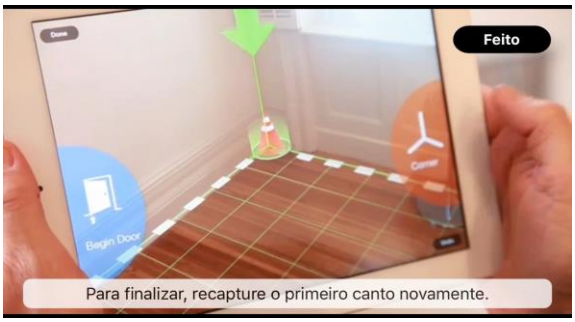

Figura 12 - Parte 5 do vídeo explicativo do MP.

Então, para a utilização do aplicativo MagicPlan para o cadastramento de cômodos, o usuário não pode andar pelo cômodo, ele irá funcionar como um tripé para a câmera do dispositivo móvel e só poderá se mover rotacionando em torno do próprio eixo, marcando todos os vértices do cômodo.

5.2.2. Calibragem do dispositivo móvel

Para o aplicativo RoomScan Pro, a calibragem exigida pelo aplicativo é mais simples e rápida de ser executada em comparação com o aplicativo MagicPlan. A calibragem é feita posicionando o dispositivo móvel de diferentes formas, conforme apresentado na figura 13.

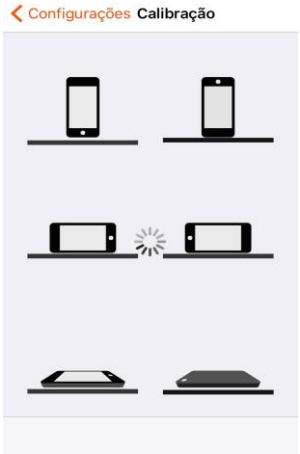

Figura 13 - Calibragem do aplicativo RSP.

O fabricante do aplicativo RoomScan Pro ainda não divulgou a tecnologia utilizada para se fazer as medições através do aplicativo. Porém, Garkavenko (2014) acredita que o aplicativo utiliza sensores internos do dispositivo móvel, que deve ser de sistema *IOS* compatível com *Ipod Touch*, *Ipad* ou *Iphone*, como sensores de movimento e orientação (giroscópio e acelerômetro), para determinar as distâncias entre as paredes, seus comprimentos e posições.

Já o fabricante do MagicPlan afirma, na sua página da *Apple Store*, que a tecnologia por trás do aplicativo tem multiplas patentes, e por isso não a divulga também. Entretanto, Veiga (2013) acredita que o aplicativo utiliza o algoritimo de movimentação do giroscópio, e ao se obter o primeiro ponto da planta, o que seria o ponto âncora, irá calcular as distâncias até os outros pontos da planta, que seriam os próximos vértices do cômodo a ser medido, por trigonometria básica, assumindo-se alguns princípios determinados na calibragem do dispositivo móvel com o aplicativo, (por exemplo, a altura da câmera determinada durante a calibragem).

Portanto, a calibragem do aplicativo MagicPlan é feita em 3 etapas, para assim definir todos os princípios que serão assumidos nos cálculos dos comprimentos das paredes. As 3 etapas são constituídas por:

Etapa 1: Calibragem do sensor - consiste em posicionar o dispositivo móvel em superfície plana com diferentes orientações, conforme as figuras 14 e 15;

Figura 14 - Instruções para a etapa 1 da calibragem do MP.

Figura 15 - Etapa 1 da calibragem do MP.

Etapa 2: Determinação da altura do usuário - consiste em registrar a altura do usuário do aplicativo, no campo em branco dado, conforme a figura 16;

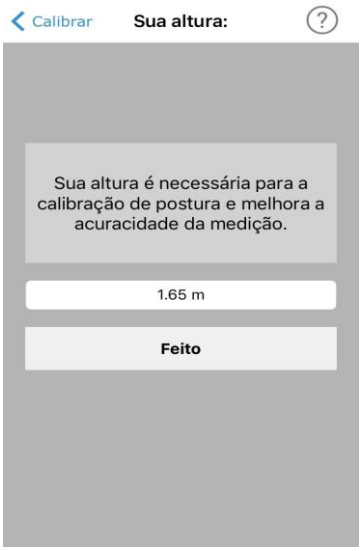

Figura 16 - Etapa 2 da calibragem do MP: registro da altura do usuário.

Etapa 3: Calibragem quanto a postura do usuário - consiste em ajustar o dispositivo móvel à postura do usuário, assim como, instruir o usuário a se posicionar de maneira que as medidas a serem tiradas obtenham maior precisão através de mensagens de áudio realizadas pelo aplicativo durante a calibragem. As figuras 17 a 23 ilustram o passo-a-passo dessa etapa da calibragem.

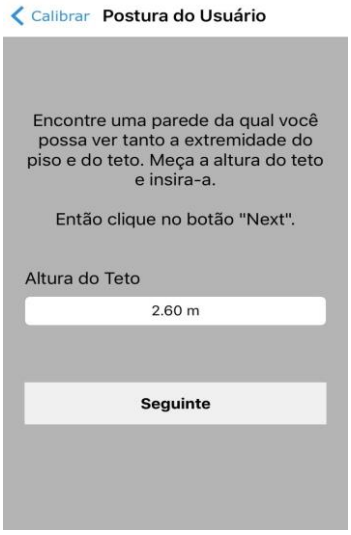

Figura 17 - Passo 1 da etapa 3 da calibragem do MP.

Figura 18 - Vídeo explicativo sobre os próximos passos da calibragem do MP.

Figura 19 - Passo 2 da etapa 3 da calibragem do MP.

Figura 20 - Passo 3 da etapa 3 da calibragem do MP.

Figura 21 - Passo 4 da etapa 3 da calibragem do MP.

Figura 22 - Passo 5 da etapa 3 da calibragem do MP.

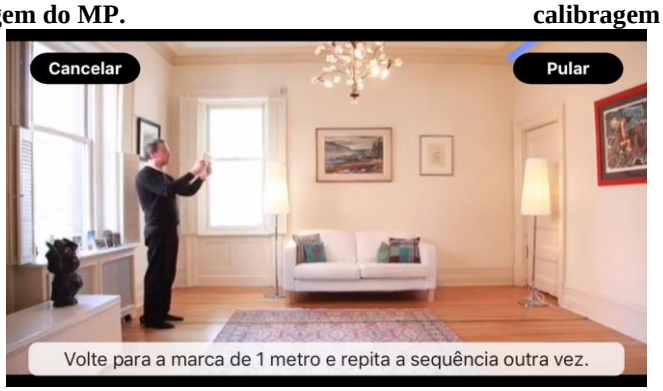

Figura 23 - Passo 6 da etapa 3 da calibragem do MP.

Após a realização das calibragens de cada aplicativo no dispositvo móvel, foi feito o cadastro de pequenas áreas com cada aplicativo.

5.2.3. Utilização dos aplicativos - fase experimental

A autora realizou cadastros de pequenas áreas com cada aplicativo, gerando plantas de cômodos como quarto, sala e banheiro, com a finalidade de utilizar os conhecimentos adquiridos através dos manuais e vídeos fornecidos pelos fabricantes de cada aplicativo, e

assim, verificar e corrigir possíveis erros causados pela falta de experiência da autora ao utilizar cada ferramenta.

Ao utilizar os aplicativos, algumas dificuldades foram encontradas. Para o aplicativo RoomScan Pro, quanto menos objetos encostados ou perto das paredes estiverem, melhor será a precisão, pois o percurso a ser feito dentro do cômodo é também analisado pelo aplicativo para calcular as medidas das paredes, e esse percurso deve ser o máximo uniforme e rente às paredes possível. Um exemplo desta dificuldade identificada se encontra na figura 24. Na figura, o box do banheiro prejudicou a precisão das medidas das paredes deste cômodo.

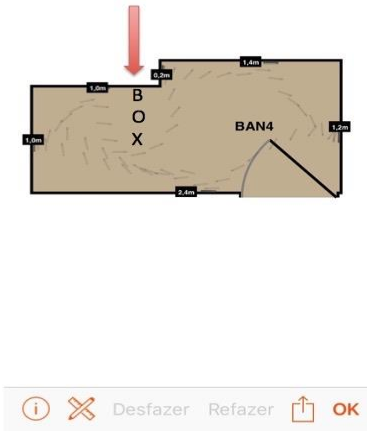

Figura 24 - Cadastro do banheiro com o RSP.

Essa dificuldade foi encontrada no cadastro de todos os cômodos, pois todos eles estavam completamente mobiliados, prejudicando a precisão das medidas.

Para o aplicativo MagicPlan, o usuário deve se posicionar de forma que ele consiga identificar todos os vértices do cômodo sem se movimentar latitudinalmente ou longitudinalmente, somente girando em torno do seu próprio eixo. Quando o usuário não consegue identificar um vértice entre o chão e a parede, ele pode marcá-lo entre o teto e a parede, porém, isto irá prejudicar a precisão das medidas. Portanto, uma dificuldade encontrada foi em situação em que a autora marcou vértices entre o teto e a parede, pois não conseguia identificá-los entre o chão e a parede com a câmera do dispositivo móvel.

Essa situação geralmente ocorre em dois casos: quando o cômodo possui muitos objetos nos seus vértices, (caso 1), ou quando o cômodo possui geometria com diversos vértices e o usuário não consegue achar uma posição no cômodo em que o permita identificar todos os vértices com a câmera do celular sem se movimentar, (caso 2). Para o caso 2, o usuário deverá

prolongar as linhas imaginárias dadas pelo aplicativo, e marcar esses vértices não aparentes, o que pode reduzir a precisão mais do que para o caso 1, segundo os testes feito pela autora.

Um exemplo desses dois casos está ilustrado nas figuras 25 e 26, em que na posição onde a autora consegue visualizar o maior número de vértices do cômodo dormitório, há um vértice que não consegue ser visualizado, tanto ele estando entre o chão e a parede como entre o teto e a parede, pois a geometria do cômodo, a localização do armário e a posição da autora são de tal forma que o armário bloqueia a identificação desse vértice com a câmera do dispositivo móvel, e a autora fez então, o prolongamento da linha dada pelo aplicativo e marcou o vértice, por estimativa, nesse prolongamento da linha. O resultado do cadastro desse cômodo está na figura 27 e a planta original está na figura 28. Foi constatado, além do erro de precisão das medidas das paredes, erro da geometria do cômodo, interpretada de maneira errônea pelo aplicativo, possivelmente, pela marcação errônea desse vértice não aparente.

Figura 25 - Vértice não aparente do cômodo dormitório.

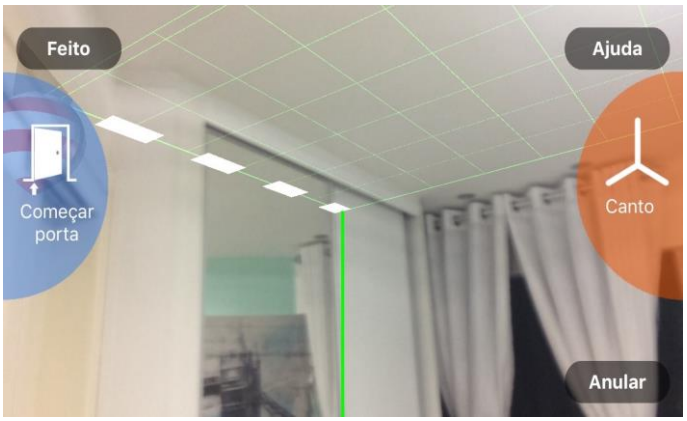

Figura 26 - Prolongamento da linha imaginária para marcação do vértice.

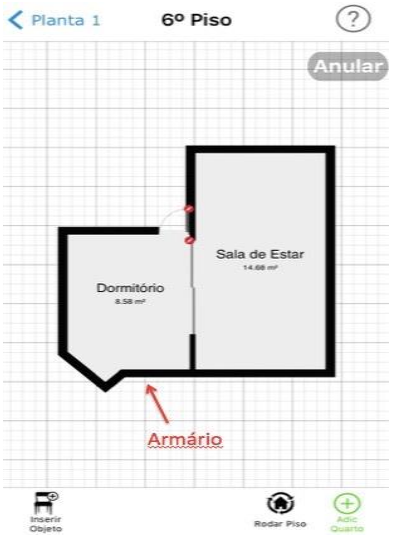

Figura 27 - Geometria da planta do dormitório pelo MP.

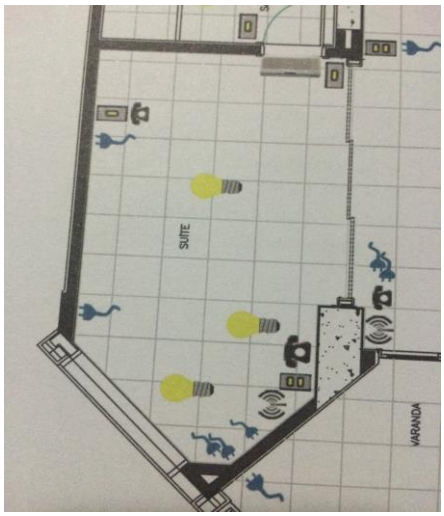

Figura 28 - Geometria da planta original do dormitório.

Portanto, após a fase experimental, a autora conseguiu obter experiência com o uso dos aplicativos, verificar algumas dificuldades e corrigir erros, como por exemplo, movimentar o dispositivo móvel de forma errônea durante o uso dos aplicativos.

5.3. UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS - ETAPA 2

A segunda etapa da utilização das ferramentas escolhidas consiste em utilizá-las para se fazer o cadastramento de uma obra de reforma, gerando-se uma planta baixa da obra, ao final do cadastramento de todos os cômodos do local. Nesta etapa, também foi feito o cadastramento manual da obra com uso de trena, pois assim, é possível se comparar a precisão de cada medida gerada pelos aplicativos com a medida real encontrada na obra. Além disso, o tempo para a realização do cadastro de cada área da obra foi cronometrado, tanto para o cadastramento manual, como para o cadastramento por meio de cada aplicativo, com a finalidade de avaliar a produtividade do serviço de cadastro de obras utilizando-se o novo método apresentado no presente trabalho.

5.3.1. Caracterização da obra

A obra se localiza no Engenho Velho de Brotas, na região metropolitana de Salvador, Bahia, e trata-se de uma clínica de nefrologia e diálise. A clínica possui 4 pavimentos, sendo dois pavimentos subterrâneos: um para a garagem e outro para a copa, almoxarifado e manutenção; o pavimento em seguida se constitui de recepção, sala de hemodiálise, entre outros; e o último pavimento está interditado para reforma.

O estudo de caso do presente trabalho foi realizado no último pavimento da clínica, onde a obra de reforma ainda não foi iniciada e está em fase inicial de planejamento.

5.3.2. Cadastro da obra com auxílio da TI

Estrategicamente, o cadastro da obra de reforma foi dividido em duas fases, pois certas dificuldades foram encontradas ao se utilizar os aplicativos em alguns cômodos, trazendo

problemas de precisão das medidas geradas. Sendo assim, a primeira fase teve o objetivo de analisar o desempenho dos dois aplicativos em alguns cômodos, tanto para os que possuem dificuldades, quanto para aqueles que não as possuem, e assim, selecionar o aplicativo que gerou menos erros de precisão das medidas. Feita a seleção do aplicativo, inicia-se a segunda fase, em que somente o aplicativo selecionado será utilizado para cadastrar a obra de reforma toda, gerando a planta final do local.

5.3.2.1. Primeira fase e dificuldades

Na primeira fase, uma certa quantidade de cômodos foi cadastrada pelos aplicativos e manualmente também. Além disso, o tempo para cadastrar cada cômodo foi cronometrado para cada método utilizado (manualmente ou pelo uso dos aplicativos), para a sua posterior análise ao final do trabalho e verificação do aumento ou perda de produtividade utilizando o nóvo método de cadastramento de obras apresentado no presente trabalho.

Para cada aplicativo, diferentes dificuldades foram identificadas. No cômodo Hemodiálise, o aplicativo RoomScan Pro apresentou, ao final do cadastramento do local, a planta baixa do cômodo com erros de geometria, além de erros de precisão. Após algumas outras tentativas, utilizando o aplicativo de forma a encostar o dispositivo móvel em diferentes pontos das paredes do cômodo, uma planta baixa do local com menos erros de geometria foi obtida, mas premaneceu com, praticamente, os mesmos erros de precisão. As plantas com erro e com menos erros de geometria estão, respectivamente, nas figuras 29 e 30.

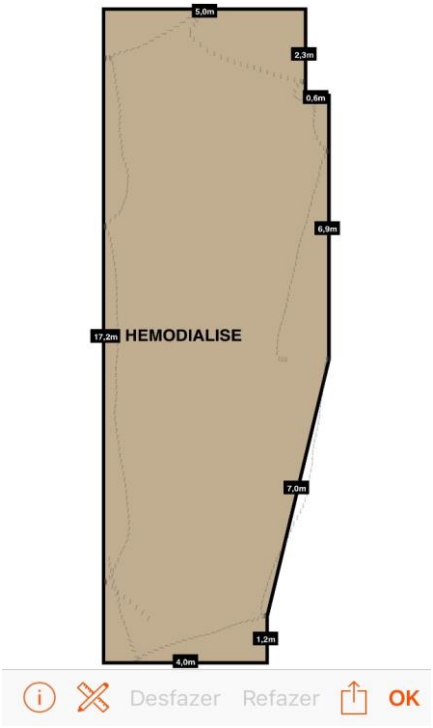

Figura 29 - Planta do cômodo hemodiálise gerada pelo RSP com erro de geometria.

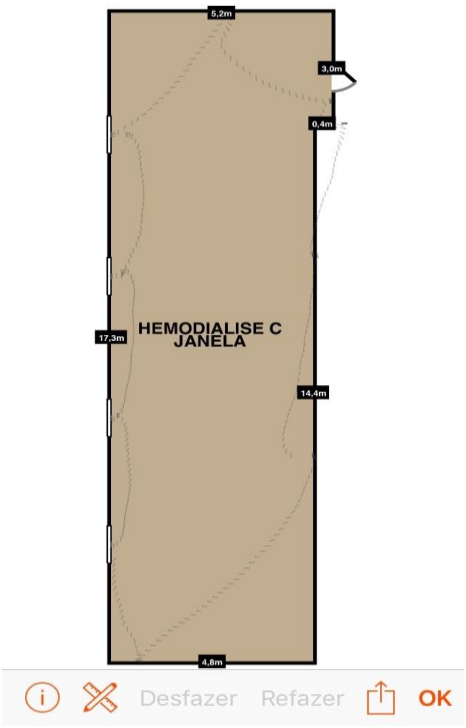

Figura 30 - Planta do cômodo hemodiálise gerada pelo RSP com menos erros de geometria.

A planta da figura 30 apresenta janelas, pois o aplicativo RoomScan Pro pode gerar, além de portas, janelas, durante a medição do local com o aplicativo. No entanto, as portas e janelas que o aplicativo gera são com medidas padrão adotadas pelo aplicativo, e não com suas reais medidas, o usuário deve então, após utilizar o aplicativo para cadastrar o cômodo, efetuar os ajustes necessários das medidas dessas esquadrias.

Além disso, a planta da figura 30 é considerada como com menos erros de geometria, pois não apresenta mais o trecho inclinado da parede do lado direito da figura 29. Entretanto, a geometria real desse cômodo apresenta todas as paredes retilíneas e uniformes, e na figura 30, a parede ainda apresenta uma variação na sua parede do lado direito, portanto, ainda apresenta erro de geometria.

Os prumos de todas as paredes da sala hemodiálise foram, então, verificados, e foi constatado que o eixo vertical da parede do lado direito das figuras estava com pequenas variações ao longo dessa parede. Visto que o aplicativo RoomScan Pro calcula as medidas entre as paredes e a sua geometria quando o dispositivo móvel é enconstado em todas as paredes do cômodo, é possível que os erros de geometria apresentados pelo aplicativo tenham ocorrido devido às pequenas variações de inclinação do eixo vertical ao longo da parede do lado direito das figuras. E a figura 30 apresentou menos erros de geometria, provavelmente, por ter encostado o dispositivo móvel em pontos diferentes dos pontos utilizados na figura 29,

durante o processo de medição do local. Também foi verificado na obra, pontos próximos aos utilizados no cadastro do cômodo da figura 30, e eles estavam com eixo vertical perpendicular ao chão, sem variação de inclinação.

Além disso, a sala hemodiálise apresenta uma estrutura em forma de "L" perto da sua parede ao lado direito das figuras e outras portas também na parede do lado direito. No entanto, ao se fazer o cadastro do cômodo, o aplicativo não conseguia reconhecer essas estruturas e não conseguia gerar uma planta baixa do local ao final do processo de medição. O erro ao reconhecer as portas foi causado, possivelmente, pelo desaprumo da parede em que elas se encontram, mas o erro ao reconhecer a estrutura em "L" precisaria de uma análise mais profunda em situações similares para poder se fazer alguma conclusão ou teoria sobre esse caso. Portanto, as últimas tentativas de cadastro deste cômodo foram feitas sem enconstar o aparelho móvel nas paredes dessa estrutura e dessas portas, por isso elas não aparecem na planta. As figuras 31 e 32 apresentam a estrutura em "L" na obra. Devido a todas estas dificuldades encontradas neste cômodo, o aplicativo RoomScan Pro obteve o seu maior erro de precisão nas medidas deste local.

Figura 31 - Estrutura em "L" no cômodo hemodiálise na obra, vista frontal.

Figura 32 - Estrutura em "L" no cômodo hemodiálise na obra, vista lateral.

Uma outra dificuldade encontrada para o aplicativo RoomScan Pro em alguns cômodos da obra foi em situações em que o cômodo apresentava muitos objetos encostados ou perto das paredes. Essa dificuldade também foi encontrada na fase experimental do uso dos aplicativos, em que eles foram usados em cômodos mobiliados. Portanto, foi constatado novamente que quanto menos objetos encostados ou perto das paredes estiverem, melhor será a precisão, pois o percurso feito dentro do cômodo deve ser o máximo uniforme e rente às paredes possível, já que um dos fatores analisados pelo aplicativo para calcular as medidas das paredes é o percurso feito pelo usuário no local.

A figura 33 apresenta uma sala em que essa dificuldade foi encontrada e a precisão do aplicativo não foi boa (um metro e dez centímetros de diferença em comparação à medida manual obtida de uma de suas paredes). Pela figura, é possível observar que o trecho percorrido pela autora não está próximo de ser retílineo e uniforme, entretanto, isso ocorreu devido aos desvios feito pela autora para se conseguir encostar o dispositivo móvel em paredes que possuíam objetos encostados nelas. A figura 34 apresenta o cômodo sala 02, em que esta dificuldade foi encontrada.

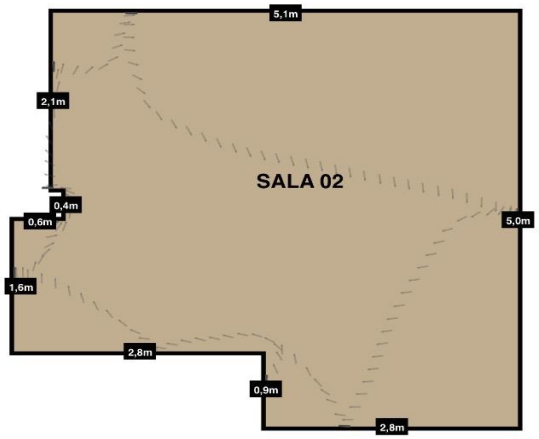

Figura 33 - Cômodo sala 02 gerado pelo RSP com erros de precisão.

Figura 34 - Dificuldades encontradas no cômodo sala 02 na obra.

Para o aplicativo MagicPlan, duas dificuldades foram encontradas. Uma delas já havia sido identificada na fase experimental da utilização dos aplicativos. Essa dificuldade ocorre quando o usuário não consegue identificar um ou mais vértices entre o chão e a parede, pois há objetos posicionados nesses vértices ou quando o cômodo possui muitos vértices e não há posição no cômodo para o usuário se situar em que o permita identificar todos os vértices sem se movimentar (movimento latitudinal ou longitudinal), levando o usuário a marcar esses vértices entre o teto e a parede (para o primeiro caso) ou utilizando as linhas imaginárias e suas projeções que o aplicativo simula para esse tipo de situação do segundo caso. Assim como na fase experimental, foi constatado um aumento nos erros de precisão das medidas para esses dois tipos de situação, ocorrendo erros maiores para o segundo caso.

Esta dificuldade foi encontrada no cômodo exposto na figura 35, em que, além da maioria dos vértices entre o chão e a parede não serem visíveis na obra, pela quantidade de objetos situados em seus vértices, o pilar deste cômodo está localizado de tal forma que não há posição para a autora se situar, em que todos os vértices ficassem visíveis e aparantes para a sua marcação pela câmera do dispositivo móvel. Portanto, a autora se posicionou no centro

do cômodo, em frente ao pilar, para fazer as marcações dos vértices pelo aplicativo, pois essa posição era a que proporcionava melhor visibilidade dos vértices. Apesar disso, a marcação de dois vértices apresentou dificuldades, pois os dois ficaram posicionados atrás do pilar (um do lado esquerdo do pilar e o outro do seu lado direito, perto da porta, tendo a autora posicionada em frente ao pilar como ponto de refêrencia na figura 35). Então, esses dois vértices foram marcados utilizando as linhas imaginárias e suas projeções geradas pelo aplicativo. A planta gerada pelo aplicativo gerou alguns erros de precisão, principalmente no pilar que ficou com dimensões maiores que as dimensões reais.

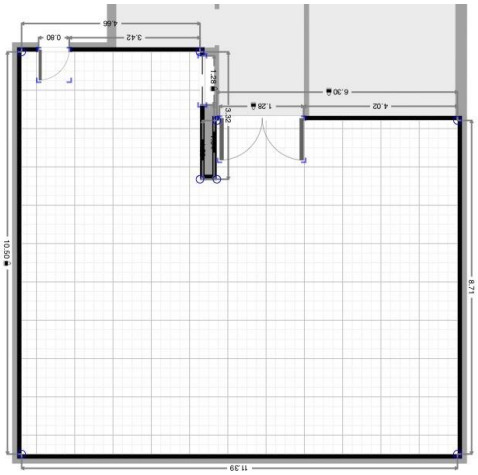

Figura 35 - Cômodo sala 11 gerado pelo MP com erros de precisão.

No cômodo exposto na figura 36 também foi encontrada essa mesma dificuldade com relação ao pilar do cômodo sala 11, mas em vez de pilar, a estrutura desse cômodo é em forma de "L". Esse cômodo é o mesmo cômodo hemodiálise que também apresentou dificuldades para o aplicativo RoomScan Pro. Pelas figuras 31 e 32, na página 59, é possível verificar, tomando o centro do cômodo como referência, que a estrutura em "L" impossibilita a visibilidade dos seus vértices internos. Então o aplicativo não reconhece essa estrutura, mesmo marcando esses vértices não aparentes por projeção, com as linhas imaginárias que o aplicativo oferece. Possivelmente, isto ocorre, pois as linhas imaginárias passam pelo mesmo lugar três vezes: primeiro quando se marca o vértice aparente e depois quando se marca os dois vértices internos da estrutura (figura 32), isso provavelmente dificulta os cálculos e interpretação da geometria do local pelo aplicativo.

Portanto, a estrutura em "L" não teve os seus vértices marcados na tentativa final do cadastramento do cômodo, e então não está representada na planta baixa desse local, na figura 36. Devido a esta dificuldade, o maior erro de precisão de medidas apresentado pelo MagicPlan ocorreu neste cômodo. A estrutura em "L" também não foi adicionada à

modelagem 3D, posteriormente feita, da obra, pois não foi considerada relevante para o presente trabalho.

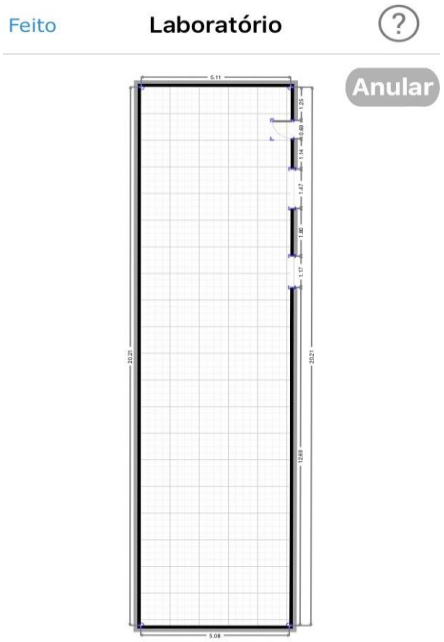

Figura 36 - Planta baixa do cômodo hemodiálise gerada pelo MP.

A outra dificuldade encontrada foi em cômodos em que havia pouca ou quase nenhuma luminosidade natural, pois a marcação dos vértices dos cômodos é feita através da câmera do dispositivo móvel, logo quando não há luminosidade, não é possível identificar os vértices com a câmera do dispositivo móvel utilizado. Portanto, nessa situação, a autora utilizou lâmpadas para criar luminosidade nos locais e fez as medições com o aplicativo sem dificuldade. Porém, nos cômodos em que não havia lâmpadas instaladas, a autora fez as medições a luz do dia, durante o dia seguinte, sem maiores dificuldades.

Ao final dessa fase, sete cômodos foram cadastrados, possuindo a obra um total de quatorze cômodos (os corredores não entraram nesta contagem dos cômodos). Comparando as medidas das plantas geradas por cada aplicativo com as medidas reais obtidas na obra por meio de trena, constatou-se que três medidas geradas pelo aplicativo MagicPlan obtiveram erro maior do que as medidas geradas pelo aplicativo RoomScan Pro, então a maioria das medidas do aplicativo MagicPlan obteve menores erros. A análise detalhada sobre essas medidas e erros é feita posteriormente, ao final deste capítulo 5.

Portanto, o aplicativo selecionado para a segunda fase da utilização das ferramentas do presente trabalho é o MagicPlan.

5.3.2.2. Segunda fase

Na segunda fase do cadastro da obra com o auxílio da TI, todos os cômodos foram cadastrados pelo aplicativo selecionado na primeira fase, o MagicPlan, assim como pelo método manual, com a utilização de trena, para posterior comparação dos valores das medidas das paredes de cada cômodo e, consequentemente, avaliação da precisão do aplicativo. Nessa fase, o tempo não foi cronometrado durante as medições, pois na primeira fase isso já foi feito, tanto na utilização do aplicativo MagicPlan, como para o do RoomScan Pro e método manual. Esses dados obtidos foram suficientes para a posterior avaliação de possível aumento ou diminuição da produtividade utilizando os aplicativos em obra.

A figura 37 apresenta a planta baixa final gerada pelo aplicativo MagicPlan, após todos os cômodos terem sidos conectados, pois o aplicativo gera as plantas dos cômodos individualmente e, após a sua criação, as plantas podem ser conectadas umas às outras.

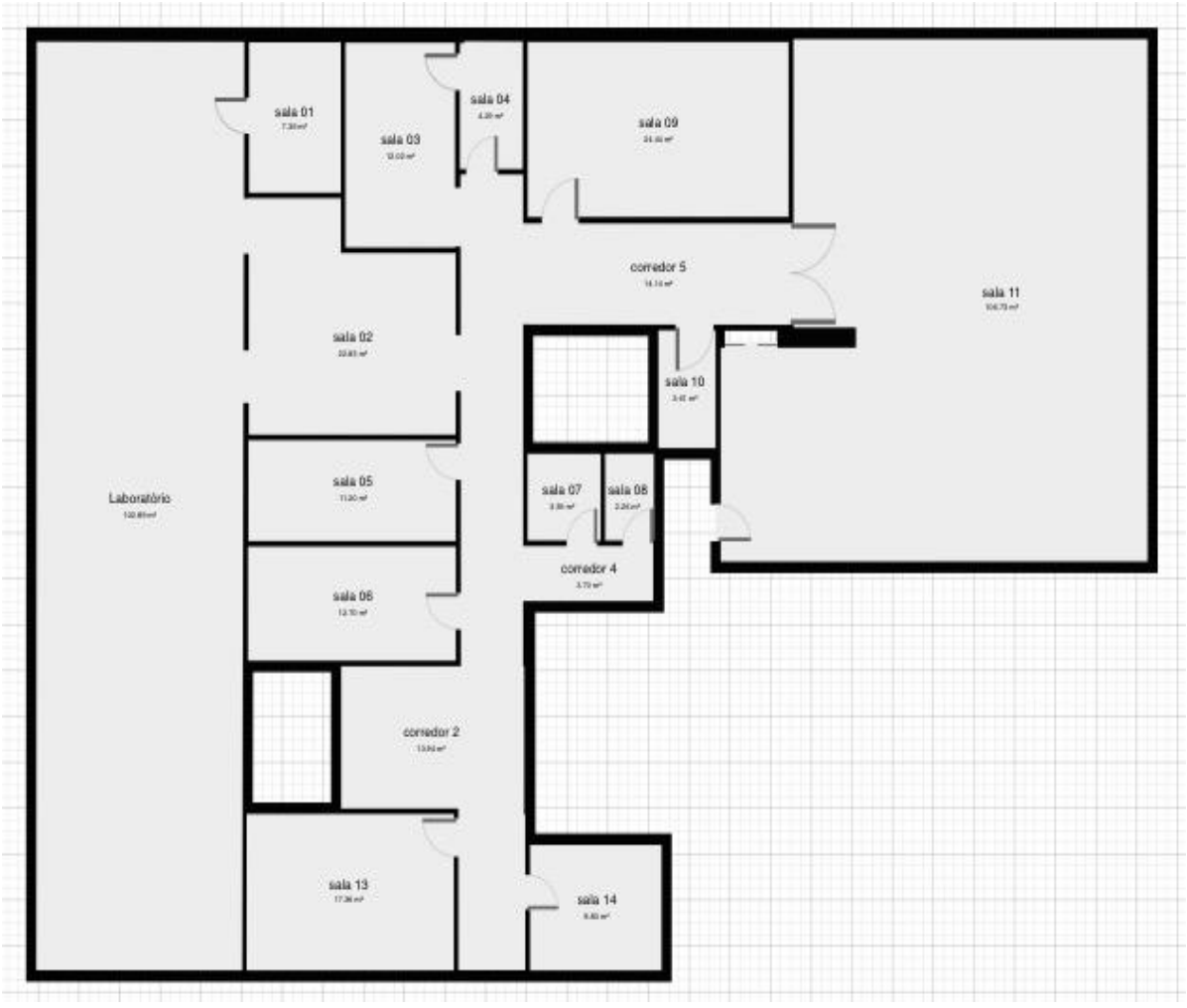

Figura 37 - Planta baixa final da obra gerada pelo aplicativo MP.

O vazio acima da sala 13 na planta é devido ao elevador e escada que ali se encontram e o vazio entre as salas 07, 08 e 10 é devido à uma área para jardim realizada no andar inferior e que o arquiteto da clínica, possivelmente, desenvolveu com a finalidade de ser uma área de ventilação para a edificação. A porta da sala 11, que não está conectada a cômodo algum na planta, está conectada a um cômodo na obra, o qual possuía uma certa quantidade de materiais de construção que impossibilitou a entrada da autora no local para se fazer as medições necessárias. Na realização do modelo 3D, este cômodo foi obtido prolongando-se a linha horizontal inferior da sala 11 até a linha vertical do lado direito do corredor 4 e foi chamado de sala 12.

As análises sobre o desempenho do aplicativo, sua precisão e produtividade serão discutidas ao final deste capítulo, juntamente com as análises sobre o aplicativo RoomScan Pro e método tradicional com uso de trena.

5.4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO 3D

Tanto o aplicativo RoomSacn Pro, como o MagicPlan, podem exportar as plantas baixas geradas pelos aplicativos para os programas de AutoCad e SketchUp. Então, após a criação da planta baixa pelo aplicativo selecionado durante a etapa do cadastramento da obra de reforma, a planta gerada foi exportada para o programa AutoCad.

No caso do aplicativo selecionado, MagicPlan, o usuário precisa decidir entre criar uma conta no aplicativo e fazer o seu pagamento mensalmente ou anualmente, permitindo ao usuário exportar todas as suas plantas do aplicativo para os formatos JPEG, PDF, DXF, HTML, entre outros, de forma ilimitada enquanto a sua conta estiver ativa, ou comprar as plantas individualmente. No caso da compra de uma planta, sem criar conta no aplicativo, o usuário pode modificá-la de maneira ilimitada no aplicativo e exportá-la, com as modificações, para os formatos que desejar, também ilimitadamente. Portanto, somente a compra de uma planta foi necessária para a realização do presente trabalho.

Então, a planta gerada pelo aplicativo MagicPlan foi exportada e foi verificado que a exportação da mesma para o programa AutoCad ocorreu sem nenhum erro. Feito isso, a planta foi exportada para o programa Revit para o desenvolvimento do seu modelo 3D. A exportação para o programa Revit também ocorreu sem erro e está exibida na figura 38.

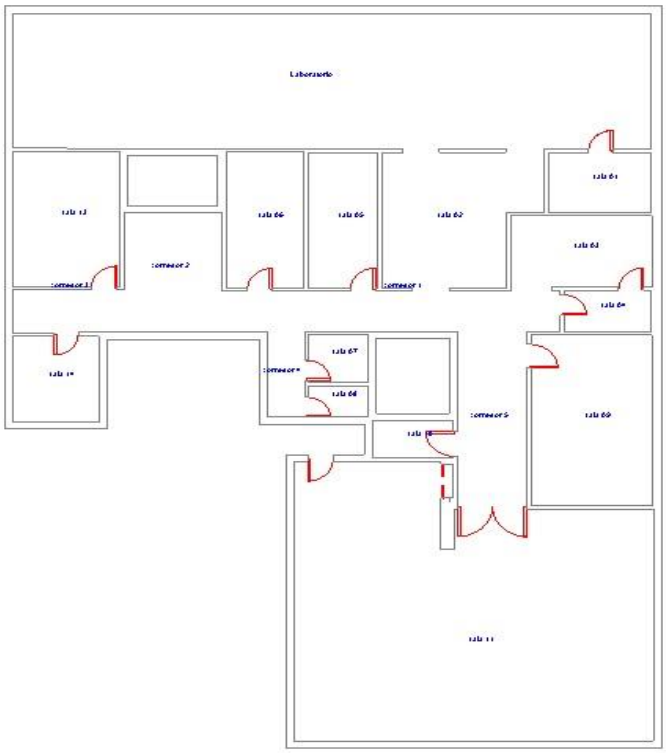

Figura 38 - Planta baixa da obra exportada para o programa Revit da Autodesk.

Após a exportação para o programa Revit, foi verificado que, apesar do aplicativo calcular a altura das paredes dos cômodos, somente uma planta em 2D é gerada no formato DXF. Entretanto, o aplicativo pode exportar sua planta para o programa Floorplanner e, dessa forma, gerar um modelo 3D da planta já com as medidas de altura das paredes calculadas pelo aplicativo.

Durante o desenvolvimento do modelo 3D, foi constatado que a planta baixa exportada do aplicativo proporcionou maior facilidade e rapidez nos processos da construção do modelo, pois é possível utilizá-la para desenhar as paredes e colocar as portas exatamente em cima das linhas do projeto gerado pelo aplicativo em 2D, não havendo necessidade de se preocupar com as medidas de comprimento das paredes e da maioria das portas. Como algumas portas haviam erro na precisão da sua largura, as medidas obtidas por meio de trena foram utilizadas para criar algumas delas.

A figura 39 apresenta a planta baixa com todas as suas paredes e portas desenhadas no programa Revit, inclusive a sala 12 também foi criada, prolongando-se a parede vertical do lado esquerdo da sala 11 da figura. As linhas cinza grossas, na figura, são das paredes do projeto original gerado pelo aplicativo, e já as linhas preta finas preenchidas por cinza são as paredes desenhadas no programa Revit. A espessura das paredes verificadas em obra, variaram entre 12 cm a 16 cm, portanto, algumas paredes foram desenhadas com 12 cm,

outras com 13 cm, 14 cm ou 16 cm, conforme às medidas obtidas na obra, e foi adotado a espessura das paredes externas igual a 16 cm. Dessa forma, há paredes, na planta baixa gerada pelo aplicativo, maiores e menores que as criadas pelo programa Revit, pois o aplicativo considerou todas as paredes internas com espessura de 14 cm e externa de 25 cm, devido a isto, somente algumas linhas das paredes da planta original aparecem na figura. As paredes da caixa destinada ao elevador e escada, (vazio entre o corredor 2 e o laboratório na figura), foi feita com espessura de 25 cm por ser considerada uma alvenaria estrutural em concreto armado.

Observando a figura 39, também é possível constatar que o pilar da sala 11 sofreu modificações do projeto original gerado pelo aplicativo. Isto foi feito, pois as medidas do pilar geradas pelo aplicativo eram maiores do que as medidas do pilar obtidas na obra com trena, então o pilar foi desenhado com suas medidas reais pelo programa Revit. Além disso, é possível perceber que a porta que obteve maior erro de precisão foi a porta dupla da parede horizontal da sala 11, sendo as linhas em vermelho referentes às portas da planta gerada pelo aplicaitvo, e as linhas cinza finas às portas desenhadas com o programa Revit.

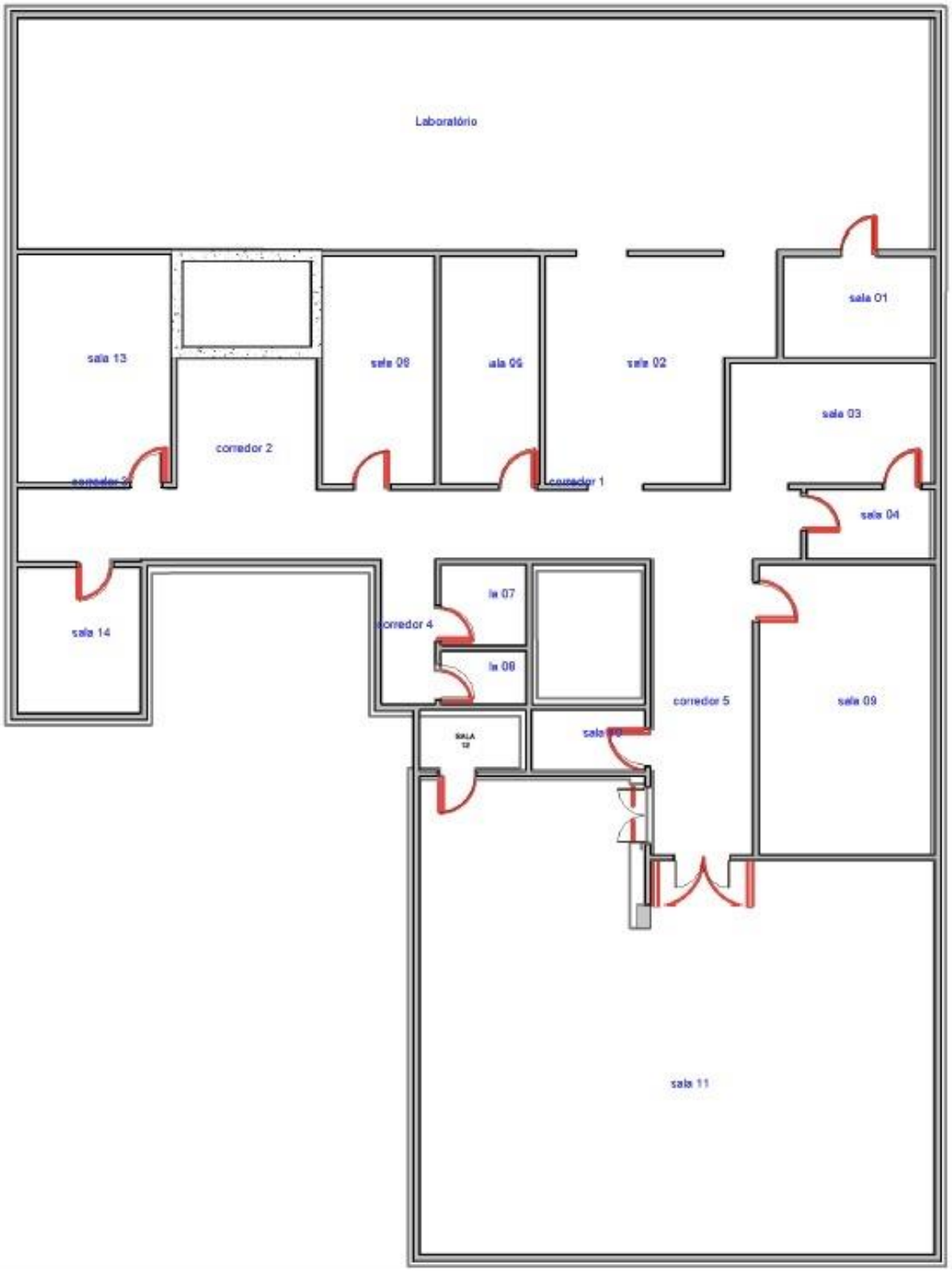

Figura 39 - Planta baixa com paredes e portas desenhadas com o programa Revit.

A planta, na figura 40, apresenta a mesma planta da figura 39, mas em perspectiva 3D. As linhas do projeto original gerado pelo aplicativo também aparecem nessa planta.

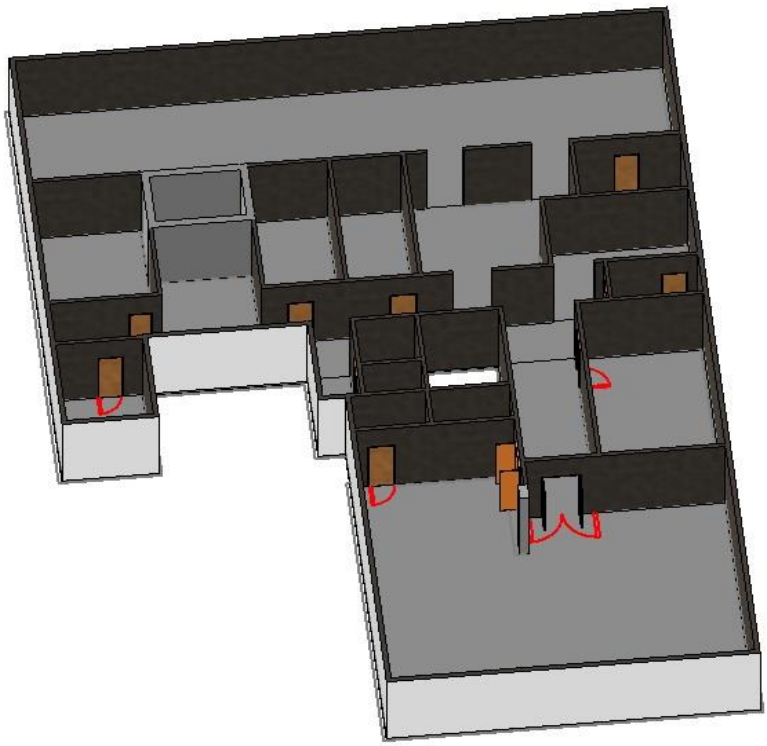

Figura 40 - Modelo 3D com medidas das portas ajustadas.

Observando a planta das figuras 39 e 40, com suas medidas geradas pelo aplicativo, e fazendo uma comparação com as medidas obtidas na obra por meio de trena, foi constatado que a parede vertical esquerda do corredor 4 e a parede vertical esquerda da sala 11 deveriam estar unidas de forma retilínea. Este erro ocorreu, pois as medidas das paredes horizontais das salas 07/08, do espaço vazio ao lado dessas salas, da sala 09 e do corredor 5 estão um pouco maiores do que o encontrado em obra, e a medida da parede horizontal da sala 11 é menor do que a medida encontrada em obra, logo, a soma dos centímetros a mais desses cômodos, conjuntamente com os centímetros a menos da sala 11, resultaram na distância entre a parede vertical esquerda do corredor 4 e a parede vertical esquerda da sala 11. Portanto, já que esse erro de medidas implicou em uma mudança na geometria final da planta, as medidas desses cômodos foram ajustadas e, consequentemente, este erro de geometria foi corrigido.

Além disso, o aplicativo MagicPlan não mede e cadastra as janelas do cômodo durante a utilização do aplicativo para o cadastro do local, como faz com as portas. Logo, em quase todos os cômodos que possuíam janelas, a autora fez a adição dessas esquadrias através do progroma Revit. Entretanto, apesar das salas 11 e 12 possuírem janelas na obra, elas não foram adicionadas ao modelo 3D. Isto ocorreu, pois estas salas possuíam uma certa quantidade de materiais de construção para a reforma, e estes estavam posicionados de tal forma, que impossibilitou a autora a fazer as medições das janelas desses cômodos com trena.

A planta baixa final, com essas modificações, está apresentada na figura 41, e a planta em 3D, com o objetivo de mostrar as janelas da obra, está na figura 42.

Figura 41 - Planta baixa final da obra no programa Revit.

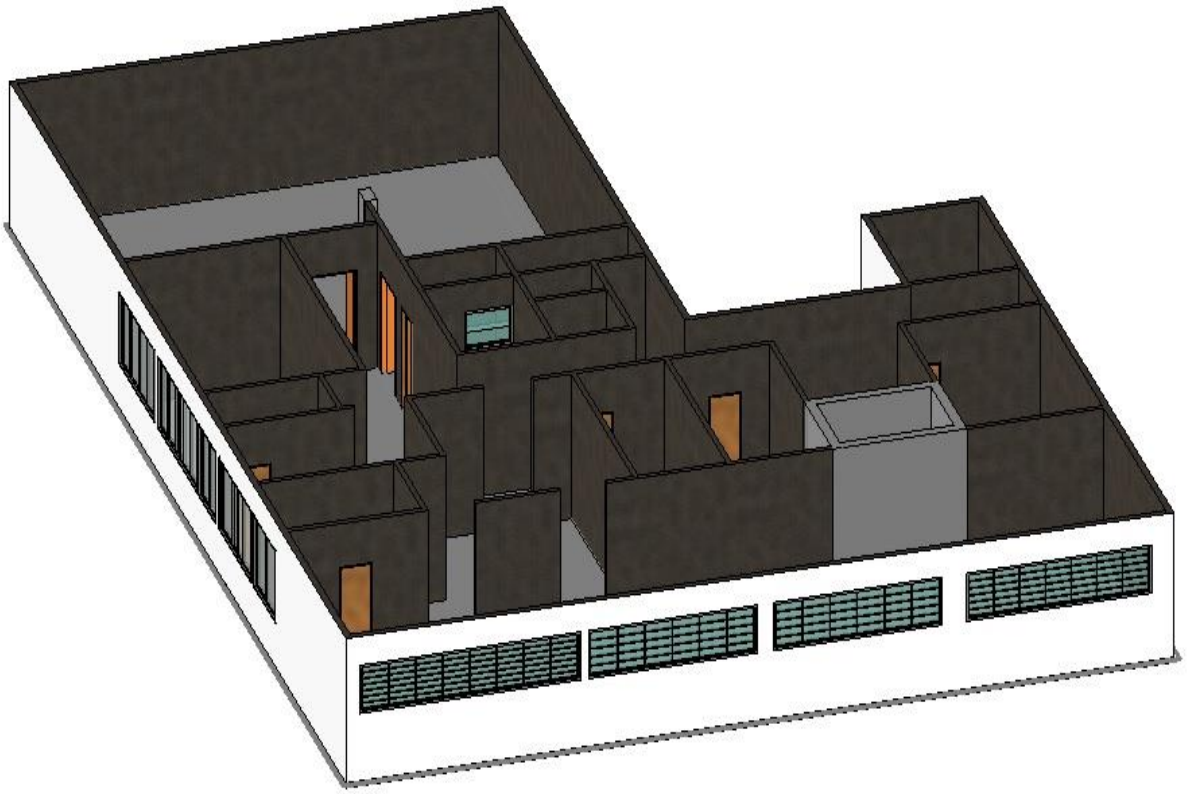

Figura 42 - Modelo 3D final da obra.

Após a finalização do desenvolvimento do modelo 3D da obra de reforma, estratégias foram elaboradas para se criar um plano de diretrizes para a reforma, exigido pela NBR 16280:2014, baseadas no modelo 3D criado.

5.5. AUXÍLIO DA MODELAGEM 3D NO PLANO DE DIRETRIZES

As informações sobre a localização e características das portas e janelas, além das medidas das paredes, obtidas através do modelo 3D, elaborado com base na planta gerada pelo aplicativo MagicPlan, são relevantes para o plano de reforma. Isto se deve à possibilidade de se calcular uma média da quantidade de material necessário para a pintura e revestimento de paredes, ou outro serviço, com essas informações. Além disso, na obra não há portas instaladas, então as informações referentes a elas encontradas no modelo 3D, irá ajudar na especificação quanto a quantidade e características das portas a serem instaladas para o planejamento do plano de diretrizes da obra de reforma.

A obra também não possui revestimento de piso e teto, logo, com o modelo 3D, é possível calcular a quantidade média necessária desse material para o plano de diretrizes. Já as

instalações elétricas e hidráulicas não vão sofrer alterações, portanto, não irão constar no plano.

As medidas encontradas no modelo 3D são estimativas próximas da realidade da obra. E medidas próximas da realidade, por sua vez, são consideradas satisfatórias para se obter informações sobre uma média da quantidade de materiais necessários para o planejamento de um plano de diretrizes de uma obra de reforma.

A norma NBR 16280:2014 também requer que serviços executados por empresa especializada identifiquem o responsável técnico por estes serviços a serem executados. Entretanto, na obra de reforma do presente estudo de caso, os serviços a serem feitos (pintura e revestimento cerâmico de paredes, instalação de portas e revestimento de piso e teto) não precisam ser executados por empresa especializada, e sim, por empresa capacitada, segundo os quadros 1, 2 e 3 encontrados no presente trabalho. Empresa capacitada é definida pela norma como empresa que apresenta profissionais capacitados para o serviço que oferece, mas que não necessita identificar o responsável técnico por esse serviço a ser executado.

E além da especificação do material a ser comprado e dos processos a serem feitos, o plano de diretrizes deve apresentar também o horário em que esses materiais irão ser transportados para a obra de reforma. Como o local se trata de uma clínica, uma solução tem que ser pensada para não prejudicar o fluxo e conforto dos pacientes. Deve ser pensado também como e por onde os materiais vão ser transportados até o andar em que a obra de reforma será feita, já que a clínica possui somente um elevador e uma escada. Então, para essa situação, é de grande importância prever horários em que o elevador possa ser interditado para o transporte de materiais à obra de reforma ou prever a execução de um acesso externo para o transporte dos materiais.

5.6. AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Perante o que foi apresentado e discutido ao longo do presente trabalho, pôde-se avaliar o desempenho do novo método utilizando a tecnologia da informação para o cadastramento de obras de reforma. A avaliação dos resultados foi discutida e organizada nos seguintes tópicos:

I) Produtividade

Segundo Mattos (2010), produtividade é a relação entre a quantidade de trabalho produzida sobre o intervalo de tempo em que essa quantidade foi produzida. Em uma função matemática, produtividade seria igual a produção/tempo. Portanto, para se obter o aumento da produtividade de um serviço, ou a variável produção aumenta, ou o tempo gasto para produzir diminui, ou as duas variáveis se alteram de forma que uma maior produção seja atingida em um menor intervalo de tempo. Então, como a produção de cadastramento dos cômodos é fixo, pois o número de cômodos da obra não irá aumentar, somente a variável tempo pode se alterar para se obter uma maior produtividade deste serviço.

Dessa maneira, após a realização do cadastro da obra de reforma pelo método manual, através da utilização de trena, e pelo novo método exposto no presente trabalho, utilizando os aplicativos selecionados RoomScan Pro e MagicPlan, e com os intervalos de tempo cronometrados dos serviços em cada cômodo, foi feita a análise da influência da utilização do novo método na produtividade do serviço de cadastramento dos cômodos. A tabela 2 expõe os intervalos de tempo de execução do cadastramento de cada cômodo medido através dos aplicativos e do método manual.

Tabela 2 - Tabela comparativa do tempo de execução das medições.

	Tabela Comparativa do Tempo de Execução		
Cômodos	**Método Manual**	**Método utilizando RoomScan Pro**	**Método utilizando MagicPlan**
Hemodiálise	15'	2'	1'
Sala 01	7'	1' 13''	1' 7''
Sala 02	13'	2'	2' 30'
Sala 03	12'	1'	50''
Corredor	22'	1' 33''	1' 26''
Sala 04	7'	45''	50''
Sala 05	8'	41''	55''
Sala 06	10'	1' 5''	2'

Analisando a tabela 2, é possível constatar que o novo método apresentado é capaz de reduzir o tempo de execução do cadastramento dos cômodos em relação ao método manual. Pela tabela, observando o cômodo que mais levou tempo para a execução do cadastramento pelo método manual, (cômodo corredor), o método utilizando os aplicativos é em torno de 15 vezes mais rápido que o método tradicional por meio de trena, pois fazendo-se:

Método Manual: 22 x 60 = 1320 segundos.

Método com RoomScan Pro: (1 x 60) + 33 = 93 segundos.

Método com MagicPlan: (1 x 60) + 26 = 86 segundos.

Média do tempo entre os aplicativos: (93 + 86)/2 = 90 segundos (valor aproximado).

Número de vezes que a média dos aplicativos é mais rápida que o método manual: 1320/90 = 14, 66667 (aproximadamente 15).

Analisando também o cômodo cadastrado pelo método manual que levou menor desvantagem em relação ao cadastro com os aplicativos, (sala 01), é possível constatar que o uso dos aplicativos ainda permanece com maior rapidez em relação ao método utilizando trena. Fazendo-se os cálculos, verifica-se que os aplicativos são, em média, 6 vezes mais rápidos que utilizando a trena para se fazer o cadastramento:

Método Manual: 7 x 60 = 420 segundos.

Método com RoomScan Pro: (1 x 60) + 13 = 73 segundos.

Método com MagicPlan: (1 x 60) + 7 = 67 segundos.

Média do tempo entre os aplicativos: (73 + 67)/2 = 70 segundos.

Número de vezes que a média dos aplicativos é mais rápida que o método manual: 420/70 = 6.

Portanto, o novo método apresentado aumentou significativamente a produtividade do serviço de cadastramento dos cômodos da obra estudada no presente trabalho. Isto ocorreu também, pois quando a realização do cadastro utilizando-se trena é feito, uma certa quantidade de tempo é desprendida para se fazer também o esboço das plantas baixas de cada cômodo a ser medido. Quando a realização do cadastro ocorre através dos aplicativos, isto não precisa ser feito, já que os aplicativos geram automaticamente as plantas baixas de cada cômodo medido. Então, provavelmente, o aumento da produtividade desse serviço, gerado pelo método utilizando os aplicativos, ocorrerá também para o caso de outras obras.

Além disso, houve um aumento de produtividade no desenvolvimento do modelo 3D, que ocorreu de maneira mais rápida e simples do que ocorreria pelo método tradicional, já que a planta exportada em 2D estava com todas as medidas calculadas. Logo, a autora utilizou essa planta para desenhar as paredes e colocar as portas exatamente em cima das linhas da planta gerada pelo aplicativo, sem se preocupar com as medidas de comprimento das paredes e corrigindo as medidas das poucas portas que não estavam corretas com relação as medidas obtidas com trena na obra. Posteriormente, a autora também adicionou janelas que foram cadastradas pelo método manual por meio da trena, já que o aplicativo não oferece a opção de medir as janelas a serem adicionadas ao projeto, (no entanto, janelas também podem ser

adicionadas, pelo aplicativo, ao seu próprio projeto no dispositivo móvel, para isso, o usuário tem que fornecer as medidas das mesmas).

Entretanto, o tempo desprendido para corrigir as medidas de algumas portas, adicionar janelas ao projeto e fazer algumas correções necessárias de medidas de cômodos que apresentaram dificuldades não foi considerado no presente trabalho. Então, a situação da obra de reforma a ser cadastrada deve ser analisada, e se a mesma apresentar as dificuldades expostas no presente trabalho para o uso dos aplicativos na maioria dos seus cômodos, o tempo gasto para corrigir os prováveis erros de medidas de suas paredes deve ser levado em conta também.

II) Precisão

Somente alguns cômodos foram cadastrados pelos dois aplicativos, na primeira fase da segunda etapa da utilização das ferramentas, pois um aplicativo apresentou grandes erros de precisão diante das dificuldades encontradas na obra, em relação ao outro, (a autora considerou erros maiores ou iguais a 1 metro como grandes erros, já que a obra é de reforma e um erro dessa proporção prejudicaria o planejamento da reforma). A tabela 3 apresenta as principais medidas dos cômodos obtidas por cada método e o erro das medidas obtidas por cada aplicativo em relação às medidas obtidas por trena na obra. O valor do erro foi calculado como sendo a diferença entre essas medidas e está em módulo. Além disso, o lado maior e menor dos cômodos é em relação às medidas obtidas pelo método manual.

Tabela 3 - Tabela comparativa de precisão dos dois aplicativos com o método manual.

Tabela Comparativa de Precisão					
Cômodos	Medidas Manuais	Medidas pelo RoomScan Pro	Erro RoomScan Pro	Medidas pelo MagicPlan	Erro MagicPlan
Hemodiálise - lado maior	21,30	17,30	4,00	20,21	1,09
Hemodiálise - lado menor	5,62	4,80	0,82	5,08	0,54
Sala 01 - lado maior	3,50	3,50	0,00	3,33	0,17
Sala 01 - lado menor	2,09	2,00	0,09	2,02	0,07
Sala 02 - lado maior	5,04	5,20	0,16	4,97	0,07
Sala 02 - lado menor	4,40	5,50	1,10	4,97	0,57
Sala 03 - lado maior	4,45	4,30	0,15	4,41	0,04
Sala 03 - lado menor	2,80	2,70	0,10	2,84	0,04
Corredor - lado maior	10,49	9,30	1,19	9,93	0,56
Corredor - lado menor	1,58	1,80	0,22	1,53	0,05
Sala 04 - lado maior	2,90	2,90	0,00	2,91	0,01
Sala 04 - lado menor	1,58	1,50	0,08	1,40	0,18
Sala 05 - lado maior	5,04	4,70	0,34	4,96	0,08
Sala 05 - lado menor	2,22	1,90	0,32	2,19	0,03
Sala 06 - lado maior	5,10	5,00	0,10	5,09	0,01
Sala 06 - lado menor	2,24	1,90	0,34	2,49	0,25

Observando a tabela, é possível verificar que somente três medidas obtidas pelo aplicativo RoomScan Pro foram mais precisas que as obtidas pelo aplicativo MagicPlan. Essas medidas foram: sala 01 - lado maior e sala 04 - lado maior e menor, e os valores dos erros referentes a essas medidas não foram tão diferentes de um aplicativo para o outro comparados com os erros das outras medidas.

Portanto, o aplicativo RoomScan Pro não foi considerado adequado para a utilização na obra de reforma do estudo de caso do presente trabalho. Além disso, como a obra estava com muitas salas com presença de materiais de construção que, por vezes, bloqueavam ou dificultavam o acesso da autora às paredes dos cômodos, o uso desse aplicativo poderia ser impossibilitado nessas situações, e então o aplicativo MagicPlan foi selecionado para dar continuidade ao estudo de caso do trabalho.

Após o cadastro de todos os cômodos da obra com o aplicativo MagicPlan, e pelo método manual, foi feita a tabela 4 para a análise da precisão das medidas obtidas pelo

aplicativo. O corredor 5 não consta na tabela, pois este cômodo foi preenchido automaticamente pelo aplicativo, no momento em que os cômodos foram conectados uns aos outros, então, este cômodo não foi medido utilizando o aplicativo.

Tabela 4 - Tabela comparativa de precisão do aplicativo MagicPlan com o método manual.

Tabela Comparativa de Precisão - Aplicativo MagicPlan			
Cômodos	Medidas Manuais	Medidas pelo MagicPlan	Erro MagicPlan
Hemodiálise - lado maior	21,30	20,21	**1,09**
Hemodiálise - lado menor	5,62	5,08	0,54
Sala 01 - lado maior	3,50	3,33	0,17
Sala 01 - lado menor	2,09	2,02	0,07
Sala 02 - lado maior	5,04	4,97	0,07
Sala 02 - lado menor	4,40	4,97	0,57
Sala 03 - lado maior	4,45	4,41	0,04
Sala 03 - lado menor	2,80	2,84	0,04
Corredor 1 - lado maior	10,49	9,93	0,56
Corredor 1 - lado menor	1,58	1,53	0,05
Sala 04 - lado maior	2,90	2,91	0,01
Sala 04 - lado menor	1,58	1,40	0,18
Sala 05 - lado maior	5,04	4,96	0,08
Sala 05 - lado menor	2,22	2,19	0,03
Sala 06 - lado maior	5,10	5,09	0,01
Sala 06 - lado menor	2,24	2,49	0,25
Sala 07 - lado maior	1,83	1,80	0,03
Sala 07 - lado menor	1,81	1,89	0,08
Sala 08 - lado maior	1,81	1,89	0,08
Sala 08 - lado menor	1,28	1,20	0,08
Sala 09 - lado maior	6,72	6,42	0,30
Sala 09 - lado menor	3,78	3,81	0,03
Sala 10 - lado maior	2,37	2,94	0,57
Sala 10 - lado menor	1,52	1,41	0,11
Sala 11 - lado maior	11,78	11,38	0,40
Sala 11 - lado menor	10,55	10,50	0,05
Corredor 2 - lado maior	4,48	3,44	**1,04**
Corredor 2 - lado menor	3,16	3,09	0,07
Corredor 3 - lado maior	3,43	3,40	0,03
Corredor 3 - lado menor	1,66	1,65	0,01
Corredor 4 - lado maior	3,40	3,09	0,31
Corredor 4 - lado menor	1,20	1,20	0,00
Sala 13 - lado maior	5,10	5,10	0,00
Sala 13 - lado menor	3,15	3,21	0,06
Sala 14 - lado maior	3,28	3,23	0,05
Sala 14 - lado menor	2,85	2,73	0,12

Os erros destacados em negrito e cor de fundo vermelha são os maiores erros apresentado pelo aplicativo, e são referentes a sala hemodiálise e ao corredor 2. A sala hemodiálise (chamada de laboratório na planta feita pelo aplicativo MagicPlan) apresentou dificuldades já discutidas no trabalho, tanto para o aplicativo RoomScan Pro como para o

MagicPlan, e devido a isto, obteve o maior erro de precisão em relação aos outros cômodos da obra para os dois aplicativos.

Além disso, o corredor 2 foi o último cômodo a ser conectado aos outros cômodos na planta do aplicativo MagicPlan. Ao ser encaixado entre as salas 13 e 08, o aplicativo alterou a sua largura e a diminuiu em torno de um metro para que o cômodo pudesse ser encaixado entre essas salas, (o aplicativo possui o modo de correção automática das medidas para casos como esse). Então, como a largura da sala hemodiálise estava em torno de um metro menor que a medida obtida por trena, o corredor 2 sofreu essa alteração de medida por causa desta sala, mas na verdade sua medida de largura não estava com este erro.

Apesar de todas as dificuldades encontradas na obra, é possível se verificar pela tabela que de 36 erros, 22 são menores do que 10 cm. Ou seja, mais da metade dos erros estão atendendo a precisão que o fabricante do aplicativo garantiu. Há também a possibilidade de, tanto o aplicativo MagicPlan, como o RoomScan Pro, talvez apresentarem resultados melhores, com relação as suas precisões das medidas geradas, em uma obra em que não existisse as dificuldades apresentadas na obra do presente trabalho. Além disso, há também a possibilidade de usar trena a laser conectada por *Bluetooth* aos aplicativos, e assim, utilizá-los em conjunto, com medidas de precisão a laser.

III) Aplicabilidade

Os aplicativos foram aplicáveis satisfatoriamente na obra. O rápido acesso às informações e instruções do uso e calibragem dos aplicativos através de vídeos que eles mesmo oferecem, sem a necessidade do acesso a internet, é um fator positivo para o uso em obras. O usuário pode então, sanar quaisquer dúvidas que venham a ocorrer durante o uso das ferramentas na obra, mesmo que ela se localize onde não há acesso a internet pelo dispositivo móvel. Além do acesso às instruções dos aplicativos, eles fazem as medições dos cômodos também em modo *offline*. Portanto, o uso da internet é completamente desnecessário para o funcionamento dos aplicativos.

IV) Investimento

O investimento necessário para implementar esse novo método depende do objetivo do usuário ou empresa. Se o usuário já possui um dispositivo móvel que opere no sistema *iOS*,

ele não terá custos para utilizar o aplicativo MagicPlan e terá um pequeno custo para obter o aplicativo RoomScan Pro, pois essa versão do aplicativo é paga. Entretanto, se o usuário possui somente dispositivo móvel que opere na plataforma *Android*, ele só poderá utilizar o aplicativo MagicPlan, pois o RoomScan Pro só funciona com a plataforma *iOS*. E se o usuário não possui dispositivo móvel com nenhuma dessas plataformas, teria que adquirir um outro dispositivo móvel para poder utilizar os aplicativos, o que poderia ficar caro para o usuário, dependendo dos seus objetivos ao se utilizar essas ferramentas.

No entanto, se o objetivo do usuário é o uso intenso desses aplicativos, pois é engenheiro ou arquiteto em uma empresa que trabalha com muitas obras de reforma, ou é corretor e utilizaria os aplicativos diariamente para obter medidas rapidamente e com precisão, o mais indicado seria o usuário obter algum desses aplicativos, utilizando-os até mesmo, em conjunto, com trena a laser. Dessa forma, o usuário ou empresa teria um custo inicial de investimento um pouco alto, mas isso seria compensado ao longo do tempo, com o aumento de produtividade no serviço de cadastramento da obra e na maior agilidade em construir modelos 3D do local.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a utilização da tecnologia da informação com dispositivos móveis no auxílio do cadastramento e modelagem 3D de obras de reforma. Para alcançar este objetivo, todos os objetivos específicos elaborados na metodologia do trabalho foram atendidos.

O primeiro objetivo específico foi conhecer os conceitos e regulamentos brasileiros para obras de reforma e os conceitos sobre a utilização da tecnologia de informação para o cadastramento de obras. Este objetivo foi alcançado através da revisão bibliográfica, possibilitando a obtenção de maior conhecimento e domínio dos conceitos referentes às ferramentas de TI e às obras de reforma, principalmente, no Brasil.

O segundo objetivo específico foi realizar o cadastramento da obra e desenvolver um modelo 3D com o auxílio da TI. Este objetivo foi alcançado através do estudo de caso do presente trabalho. O estudo de caso foi realizado cadastrando-se uma obra de reforma com e sem a utilização dos aplicativos previamente selecionados e desenvolvendo a modelagem 3D da obra, verificando, posteriormente, a produtividade e precisão utilizando o novo método apresentado com auxílio da TI em comparação com o método tradicional manual.

O terceiro e último objetivo específico foi avaliar a utilização do novo método para o cadastramento de obras. Este objetivo também foi alcançado. Foi possível identificar as vantagens, limitações e potencialidades do novo método, e avaliar sua real aplicabilidade. As limitações observadas foram:

- Pouca ou nenhuma luminosidade no cômodo (essa limitação se aplica somente ao aplicativo MagicPlan);
- Vértices não aparentes no cômodo, pela geometria do mesmo ou pela presença de objetos ou materiais nesses vértices (essa limitação se aplica somente ao aplicativo MagicPlan);
- Cômodo com materiais ou objetos encostados ou muito perto de suas paredes, dificultando o acesso às paredes (essa limitação se aplica somente ao aplicativo RoomScan Pro);
- Alvenarias fora do prumo (essa limitação se aplica somente ao aplicativo RoomScan Pro);

- Apesar do aplicativo MagicPlan ter apresentado resultados melhores que o RoomScan Pro, a precisão dos dois aplicativos, principalmente para essas situações em que a obra oferece as limitações citadas, deixou a desejar.

E as vantagens e potencialidades observadas foram:

- Maior produtividade no cadastramento da obra, comparando-se com o método manual por meio de trena;
- Maior facilidade e agilidade no desenvolvimento do modelo 3D da obra;
- Possibilidade de utilizar trena a laser em conjunto com os aplicativos para se obter melhor precisão das medidas;
- Boa aplicabilidade na obra;
- Custo relativamente baixo de investimento.

Para o aplicativo RoomScan Pro, estudos futuros, talvez em obras que não possuem as limitações encontradas nesse estudo de caso, são necessários para se chegar a uma melhor conclusão sobre a utilização do aplicativo, pois no presente trabalho, o aplicativo gerou medidas com precisões não satisfatórias, com uma delas obtendo um erro de 4 metros. Entretanto, acredita-se que se o aplicativo for utilizado em conjunto com trena a laser, a sua utilização teria melhor precisão e teria mais produtividade do que pelo método manual.

Com relação ao aplicativo MagicPlan, apesar da precisão das medidas obtidas pelo aplicativo não ter alcançado o que se esperava, a utilização do mesmo pode ser realizada como uma boa estimativa das áreas e da geometria de cada cômodo. A utilização do aplicativo é rápida e prática, proporcionando uma planta baixa do local ao final da utilização do aplicativo. Então o usuário poderia também utilizar o aplicativo com o objetivo de gerar uma planta baixa do local rapidamente, ainda que com medidas imprecisas, pois estas medidas podem ser alteradas posteriormente.

Portanto, os resultados indicaram que o novo método é viável para somente um dos aplicativos utilizados no presente trabalho, (aplicativo MagicPlan). Isto ocorreu devido a sua rapidez e praticidade de uso, gerando uma planta baixa da obra rapidamente, com medidas mais próximas da realidade do que o outro aplicativo estudado apresentou. E medidas próximas da realidade foram consideradas satisfatórias, no presente trabalho, pois com elas é possível se obter informações sobre uma média da quantidade de materiais necessários para o planejamento do plano de diretrizes da obra de reforma. Os aplicativos também podem ser utilizados em conjunto com trena a laser para uma precisão maior das medidas, e as medidas geradas pelos aplicativos podem ser, posteriormente, alteradas também.

Portanto, como recomendação para trabalhos futuros, os aplicativos MagicPlan e RoomScan Pro podem ser estudados para outras situações de obras e em conjunto com o uso da trena a laser também. Além disso, recomenda-se o estudo de novos aplicativos com a finalidade de se fazer o cadastramento de obras e de gerar plantas baixas e modelos 3D automatizados, inclusive, o estudo do aplicativo Spike, da IkeGPS, apresentado inicialmente no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, L.A. *O gerenciamento do suprimento, manuseio e armazenamento na construção civil.* 2000. Monografia para certificado de MBA - Gerência Empresarial - Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Dossiê Técnico - Reforma em Edificações - Sistema de gestão de reformas.* São Paulo, 2015.

BACKER, J. Our review: See how the Spike measurement device stacks up. 2015. Disponível em: <http://blogs.alamode.com/appraiser/article/spike-by-ike-review>. Acesso em 16 de fev. 2016.

BHATLA, A. et. al. *Evaluation of accuracy of as-built 3D modeling from photos taken by handheld digital cameras.* Automation in Construction: Elsevier, v.28, p.116-127, 2012.

BOWDEN, S. et. al. *Mobile ICT support for construction process improvement.* Automation in Construction: Elsevier, v.15, p.664-676, 2006.

BRASIL. Decreto-lei n.25, de 30 de novembro de 1937. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Disponível em: < http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Decreto_Lei_n_25_de_30_de_novembro_de_1937_pdf.pdf>. Acesso em 24 de mar. 2016.

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Portaria n. 420, de 22 de dezembro de 2010. Dispõe sobre os procedimentos a serem observados para a concessão de autorização para realização de intervenções em bens edificados tombados e nas respectivas áreas de entorno. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria_n_420_de_22_de_dezembro_de_2010.pdf>. Acesso em 24 de mar. 2016.

BRITO, D.M. *Modelagem 4D Aplicada ao Planejamento e Controle de Obras.* 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

CHEN, Y.; KAMARA, J.M. *A framework for using mobile computing for information management on construction sites.* Automation in Construction: Elsevier, v.20, p.776-788, 2011.

DUBOIS, M.; ALLACKER, K. *Energy savings from housing: Ineffective renovation subsidies vs efficient demolition and reconstruction incentives.* Energy Policy: Elsevier, v.86, p. 697-704, 2015.

EL-OMARI, S.; MOSELHI, O. *Integrating 3D laser scanning and photogrammetry for progress measurement of construction work.* Automation in Construction: Elsevier, v.18, p.1-9, 2008.

FERREIRA, J.; PINHEIRO, M.D.; BRITO, J. *Economic and environmental savings of structural buildings refurbishment with demolition and reconstruction - A Portuguese benchmarking.* Journal of Building Engineering: Elsevier: v.3, p.114-126, 2015.

FERREIRA, P.L. *Introdução à Análise de Decisão.* Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 1994.

GUERRA, R.S.T. MagicPlan. 2015. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2015/11/magicplan.html>. Acesso em 21 de abr. 2016.

HONG, S. et. al. *Semi-automated approach to indoor mapping for 3D as-built building information modeling.* Computers, Environment and Urban Systems: Elsevier, v.51, p.34-46, 2015.

IKEGPS. Spike. Disponível em: <http://www.ikegps.com/spike/>. Acesso em 17 de mar. 2016.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION. *Research Roadmap - Integrated Design & Delivery Solutions (IDDS) - Summary*. CIB Publication 373. Rotterdam, 2013.

MADHURYA, B.U.; BOBBA, C. Impact of Mobile Computing in Civil Engineering. International Journal of Computer Applications, 2014. Disponível em: <http://research.ijcaonline.org/icict/number3/icict1426.pdf>. Acesso em 07 de mar. 2016.

MATTOS, A.D. *Planejamento e controle de obras*, 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2010.

MENDONÇA, M.A.A.; FREITAS, F.A. ; SOUZA, J.M. *Tecnologia da Informação e Produtividade na Indústria Brasileira.* Revista de Administração de Empresas, São Paulo: FVG, v.49, n.1, p.74-85, 2009.

MORAES, E.A.; SANTALIESTRA, R. *Modelo de decisão com múltiplos critérios para escolha de software de código aberto e software de código fechado.* São Paulo: Editora Universidade Metodista de São Paulo, ano 4, n.7, 2008.

MORAES, R.M.M.; GUERRINI, F.M.; SERRA, S.M.B. *Aplicação de tecnologia de informação no setor da construção civil.* São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/334.pdf>. Acesso em: 07 de mar. 2016.

MURGULA, E.I.; YASSUDA, S.N. *Patrimônio histórico-cultural: critérios para tombamento de bibliotecas pelo IPHAN*. Perspectivas em Ciência da Informação, Minas Gerais: UFMG, v.12, n.3, p.65-82, 2007.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. *Barreiras para o uso da tecnologia da informação na Indústria da Construção.* In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 02, 2002, Porto Alegre: PUCRS, 2002.

NASCIMENTO, L.A.; SANTOS, E.T. *A indústria da construção na era da informação.* Ambiente Construído, Porto Alegre: ANTAC, v. 3, n. 1, p. 69-81, 2003.

PRINDLE, D. Ditch that tape measure. 2014. Disponível em: <http://www.digitaltrends.com/home/roomscan-app-iphone-floor-plans/>. Acesso em 21 de abr. 2016.

SALVADOR. Decreto n.27.073, de 29 de fevereiro de 2016. Dispõe sobre a alteração do regimento da secretaria municipal de infraestrutura, habitação e defesa civil. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/ba/s/salvador/decreto/2016/2708/27073/decr…-da-secretaria-municipal-de-infraestrutura-habitacao-e-defesa-civil-sindec>. Acesso em: 24 de mar. 2016.

SCHWEGLER, B. R. et. al. *Near- Medium- and Long-Term Benefits of Information Technology in Construction.* Center for Integrated Facility Engineering, Working Paper 65, Stanford University, Stanford, 2001.

SECOVI-PR. *Manual Prático de Reformas em Edificações.* Paraná, 2014.

SENSOPIA. MagicPlan. Disponível em: <https://itunes.apple.com/br/app/magicplan/id427424432?mt=8>. Acesso em 21 de abr. 2016.

SISTEMA FIRJAN. *Relatório Técnico do Estudo de Tendências Tecnológicas na Indústria de Construção Civil no Segmento de Edificações.* Rio de Janeiro, 2013.

VEIGA, F. Melhor app para fazer planta da casa com celular e tablet, 2013. Disponível em: <http://www.vejaisso.com/melhor-app-planta-casa-celular-tablet/>. Acesso em 21 de abr. 2016.

XIONG, X. et. al. *Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data.* Automation in Construction: Elsevier, v.31, p.325-337, 2013.