REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA
ISSN: 2178-1974
2020, Vol. 10, No. 21
DOI 10.23972/det2020iss17pp54-69

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

Building Information Modelling em processos decisórios participativos

Marcelo Tramontano; Juliano Pita[1]; Dayanna Sousa[2]

1 *Nomads.usp, Programa de Pós-Gradução em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo*

2 *Nomads.usp, Programa de Pós-Gradução em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e Instituto Federal de São Paulo.*

3 *Nomads.usp, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.*

RESUMO

Este artigo apresenta e discute resultados parciais de uma pesquisa em andamento sobre o desenvolvimento de aplicativos computacionais conectados a programas computacionais de Building Information Modeling (BIM), visando a participação de atores não-técnicos em processos de tomada de decisão para projetos de equipamentos públicos. Tal pesquisa propõe a construção de um aplicativo de base web no qual possa realizar-se a colaboração remota entre técnicos e não-técnicos em processos de projeto arquitetônico. O presente artigo situa a relevância de tal colaboração em países recentemente industrializados em que a participação da população em decisões do Poder Público tem sido reivindicada por vários grupos, faz uma revisão das principais características do BIM, descreve a metodologia utilizada na pesquisa, e apresenta a proposta de aplicativo computacional em curso de desenvolvimento, com posterior descrição de experimentos práticos voltados a aprimorar e validar a proposta da plataforma. Por fim, estabelece relações entre a fundamentação da pesquisa e as observações realizadas, estabelecendo revisões e futuros direcionamentos no desenvolvimento da pesquisa. A pesquisa está em desenvolvimento em um grupo de pesquisa de uma universidade pública do Estado de São Paulo, incluindo professores, doutorandos e graduandos, e espera contribuir para a formulação e aplicação de políticas públicas nos setores envolvidos. Ela utiliza-se de resultados e conclusões de diversas pesquisas realizadas no grupo ao longo dos últimos 17 anos sobre temas como processos de design auxiliados pela computação, modos de vida e o conceito ampliado do habitar, ações culturais utilizando meios digitais, e o entendimento de processos de projeto como sistemas complexos.

PALAVRAS-CHAVE

BIM;
projeto participativo;
plataforma multiusuários;
processos de projeto

Building Information Modeling for participatory decision-making processes

ABSTRACT

This paper presents and discusses partial results from an ongoing research project on the development of BIM (Building Information Modeling) computer applications, aiming to foster the participation of non-technical actors in decision-making processes for public equipment design. Such research work targets to produce a web-based application to support remote collaboration between technicians and non-technicians can be carried out in architectural design processes. This article points to the relevance of such collaboration in newly industrialized countries where the residents' participation in local Government's decisions has been claimed by several groups, it reviews the key features of BIM, describes the methodology employed in the study, and presents the application currently under development. The research work is underway at a research group in a public university from the state of Sao Paulo, Brazil. The research team brings together professors, doctoral students and master's students, and expects to contribute to the formulation and application of public policies. This research project stems from findings and conclusions of several studies carried out in the group over the last 17 years on topics such as computer-aided design processes, ways of living and the broader concept of dwelling, cultural activities using digital media, and the understanding of design processes as complex systems.

KEYWORDS

BIM;
participatory design;
multiuser platform;
design processes

CONTATO: Marcelo Tramontano – *tramont@sc.usp.br*

© 2020 – Revista Design & Tecnologia

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa apresentada neste artigo sobre o uso de Building Information Modeling (BIM) aplicado a processos participativos de tomada de decisão desenvolve-se em no Nomads.usp – Núcleo de Estudos de Habitares Interativos (www.nomads.usp.br), do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, e envolve professores e pesquisadores em nível de Doutorado e Iniciação Científica. Tal pesquisa propõe a construção de um aplicativo de base *web,* no qual possa realizar-se a colaboração remota entre técnicos e não-técnicos em processos de projeto arquitetônico. O projeto deriva de resultados e conclusões de diversas pesquisas realizadas no grupo ao longo dos últimos 17 anos sobre temas como processos de design auxiliados pela computação, modos de vida e o conceito ampliado do habitar, ações culturais utilizando meios digitais, e o entendimento de processos de projeto como sistemas complexos.

O presente artigo situa a relevância da colaboração entre pessoal técnico e não-técnico em países de industrialização recente, como o Brasil, em que a participação da população em decisões do Poder Público vem sendo reivindicada por vários grupos. Em seguida, faz uma revisão das principais características do BIM, descreve a metodologia utilizada na pesquisa, e apresenta a proposta de aplicativo computacional em desenvolvimento, com posterior descrição de experimentos práticos voltados a aprimorar e validar a proposta da plataforma digital. Por fim, estabelece relações entre a fundamentação teórica da pesquisa e as observações realizadas, propondo revisões e futuros direcionamentos no desenvolvimento da pesquisa.

No campo da Arquitetura e Urbanismo, o esforço de se promover a participação e colaboração de pesquisadores, arquitetos, comunidade e gestores públicos em processos decisórios para intervenções em espaços públicos não é uma ideia nova. Expressões como 'projeto participativo' e 'planejamento participativo' tiveram grande destaque na área, sobretudo a partir dos anos 1960, em diversos países, conhecendo igualmente grande desgaste, nas décadas seguintes, talvez porque, em muitos casos, a participação da população era bastante limitada e acabava pouco influenciando o resultado final das obras construídas (KOPP, 1990; ELEB et al., 1988; TRAMONTANO, 1998).

Luminosa baliza nesse percurso, o clássico ensaio "A city is not a tree", publicado por Christopher Alexander, em 1965, chama a atenção para duas questões fundamentais. A primeira, é que a cidade constitui um sistema complexo, e que toda tentativa de entendê-la demanda uma abordagem sistêmica, sob pena de se perder seu maior tesouro: a "pátina da vida" que só se constrói organicamente, ao longo do tempo, pela ação de seus habitantes. A segunda, são os riscos de que, por basear-se em conhecimentos técnico-científicos como garantia de sua racionalidade, o planejamento urbano moderno concentre excessivamente poder de decisão nas mãos de projetistas, planejadores, administradores urbanos e incorporadores imobiliários, acabando por ignorar, no processo, a cidade real, os modos de vida e as aspirações - em geral conflitantes - de seus habitantes.

Na prática arquitetônica, tais questões fundamentaram os procedimentos de projeto participativo elaborados e aplicados por Lucien Kroll, nos anos 1970, na Bélgica, que, por sua vez, influenciaram gerações de projetistas e gestores. Vários de seus trabalhos calçaram-se em amplos debates com os futuros usuários, constituindo iniciativas pioneiras do esforço de compartilhamento das decisões de projeto com a população. Para que esta colaboração se efetivasse, e a decorrente multiplicidade de soluções espaciais e técnico-construtivas pudesse ser incorporada ao projeto final, Kroll fez uso extensivo de modelos físicos, em madeira e papelão, e, a partir dos anos 1980, de programas computacionais (BATELI, 2015). É, no entanto, de Alexander a contribuição mais incisiva para a informatização de processos de projeto visando a inclusão dos habitantes. Seu livro "A pattern language", de 1977 (publicado, no Brasil, em 2013), tornou-se uma referência maior na área, mapeando 250 padrões do comportamento humano no ambiente construído, à maneira de parâmetros de projeto e organização. De fato, os trabalhos de Kroll e Alexander foram precursores da introdução do pensamento algorítmico em arquitetura, e ajudaram a construir procedimentos que, mais tarde, seriam úteis à concepção dos atuais programas paramétricos, em especial aqueles de base BIM.

No Brasil sob ditadura militar (1964-1985), práticas como a construção de habitações através de mutirões revelaram-se poderosas articuladoras de comunidades que, ao perceberem sua capacidade de organização em torno do projeto e construção de suas moradias, passaram a mobilizar-se por novas reivindicações sociais e políticas (RIZEK et al., 2003). A pesquisa apresentada neste artigo alinha-se, portanto, com um certo resgate do protagonismo da comunidade promovido por práticas como os mutirões, na medida em que consideramos que o processo de participação é, antes de tudo, um processo de tomada de consciência da posição de um coletivo na sociedade e na cena pública, uma reivindicação do direito cidadão de opinar em decisões que reconfiguram continuamente o meio urbano.

Buscando ampliar e aprofundar resultados alcançados em pesquisas anteriores do grupo, e dialogando com estudos de Harvey (2012), Castells (2013) e Manovich (2013), entre outros, esta pesquisa entende que o uso de meios digitais, em especial aqueles baseados na comunicação via Internet, podem configurar espaços de cidadania, articulação comunitária e reivindicação por direitos. É claro que estes meios não substituem o debate presencial na cena pública, mas associados a ele, podem constituir um território híbrido – de concretude e virtualidade (TRAMONTANO; SANTOS, 2013) – onde se desenvolvam parcelas importantes da vida urbana. Igualmente, tais meios podem contribuir para suscitar reflexões coletivas sobre a importância de se garantir a implementação das decisões ali tomadas, ampliando seu alcance e seu papel catalisador e articulador.

Esta condição é particularmente importante em países de industrialização recente, como o Brasil, nos quais políticas públicas de desenvolvimento urbano ainda estão em construção, e a impunidade de ações de corrupção envolvendo políticos e empresas do setor da construção civil contribui para reduzir ainda mais os limites do investimento governamental em obras públicas. Movimentos sociais locais vêm reivindicando uma participação mais efetiva em processos decisórios, visando opinar sobre a concepção de equipamentos públicos e monitorar o uso de fundos públicos nas fases de projeto e execução. Exemplos de boas práticas são o programa de Orçamento Participativo (SOUZA, 2001), e as plataformas digitais online utilizadas por diversas prefeituras em todo o mundo, das quais decide. Madrid (https://decide.madrid.es) certamente constitui uma referência maior. Tais plataformas online auxiliam o gerenciamento de propostas, votações e processos decisórios em relação a temas variados como orçamento participativo, transporte e mobilidade, limpeza urbana, uso de energia limpa, remodelações de logradouros e, neste caso, permitem que a população decida qual dos projetos propostos deve ser implementado.

Ampliando a capacidade de colaboração inerente aos programas computacionais BIM, a pesquisa apresentada neste artigo introduz procedimentos de participação popular no próprio processo de projeto de equipamentos públicos, através

da otimização da comunicação entre seus atores e da inclusão de parcelas da população com interesse direto em seus resultados. São elas: os habitantes e comerciantes da área urbana em que se situará o equipamento público; seus frequentadores permanentes - trabalhadores e usuários finais -, funcionários dos serviços públicos envolvidos, coletivos culturais e associações do Terceiro Setor, gestores públicos, representantes políticos e da iniciativa privada, além de profissionais técnicos, como arquitetos, urbanistas e engenheiros, entre outros. Para tanto, a pesquisa se beneficia de quatro propriedades fundamentais do BIM: 1. a inserção e visualização de informações da edificação que está sendo projetada, em um modelo tridimensional digital único, 2. o estímulo à comunicação entre os diversos atores, permitindo monitoramento e aprendizado mútuos, 3. o registro e representação de informações relativas ao edifício durante todo o seu ciclo de vida, ou seja, desde a concepção inicial até as fases de ocupação, adaptações subsequentes e eventual demolição, e 4. a possibilidade, em todas as fases do processo produtivo da edificação, de controle do orçamento associado a elementos construtivos e serviços.

2. SOBRE O BIM

Programas computacionais BIM geram e gerenciam representações digitais de características físicas e funcionais da edificação, interconectando seus vários elementos. Tais programas são chamados paramétricos, pois têm como premissa a interdependência de parâmetros, permitindo que cada parte do modelo tridimensional seja associada a vários metadados, relacionados, por exemplo, às suas características específicas, seu custo, fornecedores, fases de construção, entre outros. Uma das premissas básicas do BIM é a "colaboração de diferentes tomadores de decisão em diferentes fases do ciclo de vida de um equipamento, para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações no BIM para apoiar e refletir os papéis deste tomador de decisão", de acordo com a formulação do US National BIM Standards Project Committee (NBIMS, 2014, tradução nossa). Assim, além da informação geométrica tridimensional, a incorporação de informações de fontes diversas ao modelo implica na adição de pelo menos duas novas dimensões à representação do processo de projeto de um edifício, segundo a formulação da ASHRAE (2009): a dimensão temporal, abrangendo seu ciclo de vida, e a dimensão orçamentária, referente ao planejamento de seus custos.

Uma vez que todo processo de projeto e construção de edificações envolve o entendimento e emprego de diversos materiais, componentes construtivos, serviços e técnicas, ele demanda, consequentemente, o compartilhamento de grandes quantidades de informação sobre os vários aspectos da construção entre atores com diferentes formações e habilidades. A gestão e interpretação dessa informação não é simples. Nos processos tradicionais de projeto e construção, há falhas freqüentes, seja pela incompreensão de informações incompletas ou contraditórias, seja devido a incompatibilidades ou discordâncias entre as contribuições dos atores envolvidos. (MELHADO, 2001)

Em contraste a este cenário, estas questões podem ser minimizadas com o uso do BIM, pois os objetos contidos no modelo representam os componentes do edifício e contêm metadados relacionados às características de cada elemento da construção, como seus atributos físicos (aparência, peso, resistência, etc.), custo, cronograma de execução, entre outros, constituindo um extenso banco de dados sobre os muitos aspectos do edifício. Tal propriedade permite que o próprio sistema auxilie na interpretação e no correlacionamento entre os diversos elementos e as informações neles contidas, aliviando a carga interpretativa dos atores envolvidos e estabelecendo bases para uma linguagem comum a ser utilizada por eles.

Do ponto de vista da pesquisa aqui apresentada, o BIM constitui um *locus* de trocas de informação promovendo o acesso a um banco de dados centralizado, a partir do qual as informações podem ser extraídas, processadas e a ele retornadas. O sistema gerencia as informações, indicando possíveis conflitos entre diferentes objetos e mantendo a consistência e coerência dos dados, bem como suas inter-relações. Além disso, há uma associação entre os metadados não geométricos (como custo, densidade, características térmicas, entre outros) e os elementos geométricos. Em outras palavras, pode-se dizer que há uma ligação entre o conjunto de informações textuais e numéricas contidas no modelo e os objetos gráficos representados tridimensionalmente no modelo digital. (EASTMAN et al., 2008; BOEYKENS, 2012)

Como metodologia de gestão da informação (SUCCAR, 2009), a implementação do BIM requer uma mudança paradigmática na forma de ação e no pensamento de todos os profissionais envolvidos. A colaboração entre os vários participantes transcende as fases tradicionais do ciclo de vida do edifício, incitando sua sobreposição, pois as sugestões dos responsáveis pela construção e manutenção do edifício, por exemplo, podem ser incorporadas ao projeto, forçando o realinhamento de processos na cadeia produtiva da construção (SUCCAR, 2009). Além disso, os processos centralizados de gerenciamento das informações digitais adotados pelo BIM podem integrar a produção em massa de componentes personalizados por meio da fabricação digital (KOLAREVIC, 2001). Embora processos completamente automatizados de produção de edifícios ainda estejam em seus estágios iniciais de desenvolvimento, a fabricação de componentes se beneficia de tais mudanças nos processos de projeto, modificando rotinas e métodos de fornecedores e fabricantes de elementos de construção.

Essas características do BIM tornam plausível a possibilidade de inclusão de atores não-técnicos em processos de projeto, construção e operação de edificações públicas, de forma que estes possam inserir informações e conhecimentos próprios de comunidades ou indivíduos, e que a emergência de novas relações entre tomadores de decisão seja estimulada (NOJIMOTO, 2014). Em projetos públicos, tal inclusão de atores não-técnicos pode constituir um complemento a processos participativos mencionados acima, à maneira de um novo locus de discussão, especialmente em países em que o envolvimento da população nas ações do governo local é ainda incipiente.

3. PAPEL DO PODER PÚBLICO

Uma pesquisa conduzida pelo mesmo grupo de pesquisa (DIAS, 2016) em escritórios de arquitetura, universidades, agências governamentais e empresas do mercado de componentes construtivos de São Paulo, a maior cidade do Brasil, ajuda a entender a atual fase de implementação do BIM na região. Seus resultados mostram que os escritórios, em particular, têm usado *software* BIM em algumas tarefas específicas, denotando interesse principalmente em aspectos operacionais. Os arquitetos consultados têm buscado resolver problemas imediatos, como compatibilidade de versões sucessivas, minimização do retrabalho em caso de mudanças, e melhor visualização. Em outras palavras, eles entendem o BIM como uma ferramenta para o desenvolvimento de modelos digitais tridimensionais, incorporados em processos de projeto tradicionais, e não como parte de uma metodologia de gerenciamento através de indicadores de desempenho (MANZIONE et al., 2011).

Recentemente, o governo brasileiro anunciou estratégias para a disseminação do uso do BIM no Brasil (BRASIL, 2018), dando continuidade a um processo iniciado em 2011 com o Plano Brasil Maior, cujo principal objetivo era aumentar a competitividade de vários setores da indústria brasileira. Em relação ao setor de construção, o plano previa a criação de uma padronização de procedimentos e critérios técnicos, sua disponibilização aos atores da indústria, e a realização de estudos de caso. Embora preliminares, os documentos agora divulgados revelam uma clara intenção de se consolidar o entendimento de que o BIM exige uma grande mudança em processos e métodos de projeto e implementação, não limitados, portanto, à fase de projeto. É igualmente importante ressaltar a intenção de se criar padrões neutros de interoperabilidade entre aplicativos, estabelecer uma plataforma de comunicação entre todos os atores da cadeia produtiva, e disponibilizar uma biblioteca nacional de objetos com um sistema de avaliação de conformidade em alinhamento com as normas de desempenho definidas na NBR 15.574/2017, (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS, 2018). Esta iniciativa é essencial para impulsionar a adoção do BIM em âmbito nacional, uma vez que o Poder Público tem papel preponderante neste processo (WONG et al., 2009). Esta plataforma encontra-se operacional no endereço https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/.

4. NOVOS PROCESSOS DE PROJETO

Somada às dificuldades de comunicação acima mencionadas, há nos processos tradicionais de projeto uma divisão rígida entre as várias fases de projeto e um fluxo quase unidirecional de informações. Quaisquer sugestões ou questões pertinentes à fase seguinte somente serão incorporadas no processo produtivo em um novo ciclo e uma nova obra. O uso do BIM tende a tornar estas divisões menos rígidas, permitindo que, através do ambiente colaborativo por excelência e da disponibilidade do conhecimento construtivo desde o início da concepção do projeto, questões relativas à execução e à operação do edifício construído possam ser incorporadas no planejamento. Esta flexibilização das fases, entretanto, ainda esbarra em alguns obstáculos, como a própria organização da cadeia produtiva, e em questões legais, já que, juntamente com a permeabilidade entre fases e disciplinas, ocorre um compartilhamento das decisões e responsabilidades, e, em última instância, da própria autoria do projeto. No caso de obras públicas, esta questão ganha importância, pois este arranjo produtivo reflete-se na própria legislação que estabelece os procedimentos para contratação e compras do Poder Público.

Entendemos que a inclusão de atores não-técnicos nos processos decisórios pode estimular a participação ativa das comunidades nas ações governamentais e contribuir para o aumento do controle social de tais processos (AUTOR, AUTOR, ANO). Tal participação é relevante porque, ainda que recentes avanços nos instrumentos de controle social sobre os gastos públicos, como a Lei de Acesso à Informação (Lei 12.527/2011) e a atuação de diversas agências e organizações do Terceiro Setor neste aspecto, o dever do Estado de dar publicidade aos seus atos e de prestar contas de suas ações ainda é pouco respeitado.

5. METODOLOGIA

A pesquisa aqui apresentada baseia-se no conceito de práxis, entendendo reflexão teórica e ações práticas de experimentação e aplicação como indissociáveis e interalimentadoras. Por essa razão, ela prevê a construção de um aplicativo computacional (ou programa computacional), em partes que vêm sendo testadas diversas vezes em situações análogas às reais, prevendo-se que cada teste realimente a revisão do próprio aplicativo, contribuindo para sua validação e a legitimação dos procedimentos adotados, além de subsidiar novas reflexões e entendimentos. De um ponto de vista metodológico, trata-se, portanto, de uma pesquisa exploratória de caráter experimental, que considera questões sociais, políticas, técnico-construtivas e computacionais.

5.1 Procedimentos metodológicos

Após definir preliminarmente as demandas e recursos desejados para o aplicativo, realizamos uma extensa coleta, estudo e teste de aplicativos que dialogam com programas BIM, selecionando seis deles, cujas características relacionam-se estreitamente às intenções da pesquisa. É, no entanto, importante notar que a grande maioria dos aplicativos disponíveis se destina a usuários de países industrializados, nos quais a cadeia da construção civil encontra-se regulada por normas e leis consolidadas, diferentemente de países de industrialização recente, como é o caso do Brasil. Por essa razão, nosso principal interesse por esses aplicativos reside nos protocolos através dos quais eles se comunicam com os bancos de dados de programas BIM, seguido por suas funcionalidades e navegabilidade. Um briefing do aplicativo proposto foi desenvolvido para orientar a construção de um protótipo, como se verá posteriormente.

Este desenvolvimento apoia-se nas diversas instâncias de utilização do aplicativo, visando seu refinamento. Estas instâncias buscam abordar questões específicas dos aspectos fundamentais desejados para o aplicativo, como a visualização tridimensional, a importação do modelo, o sistema de discussão e o desenho da interface, em diversos cenários. Para tanto, a equipe de pesquisa dedicada a este trabalho expandiu-se, abrangendo pesquisadores do grupo de pesquisa que estudam o desenho, a navegabilidade e as formas de interação de plataformas online para participação comunitária em processos de debate e tomada de decisão relativos a intervenções urbanas. O projeto também conta com parceiros institucionais, como o Departamento de Engenharia e Manutenção de uma universidade federal no estado de São Paulo, com a qual questões de implementação e uso do BIM em órgãos públicos são discutidas, parceiros acadêmicos, como um instituto de Computação da mesma universidade, e o pesquisadores da área de Análise e Desenvolvimento de Sistemas de outra instituição pública do estado. As oportunidades em que o aplicativo tem sido testado e revisado contam com parceiros específicos, com perfis definidos em função do que deve ser verificado em cada teste.

5.2 Analisando aplicativos existentes

A fim de conhecer o estado da arte e identificar boas práticas relacionadas ao uso colaborativo de BIM e à visualização de metadados por meio de outras plataformas, reunimos e sistematizamos informações sobre 52 produtos computacionais (plugins, aplicativos móveis e plataformas online) voltados à integração de atores diversos nos diversos momentos dos processos produtivos de edificações. Como primeiro passo, consideramos a capacidade de reestruturação da visualização de dados, seus aspectos colaborativos e a forma como estes aplicativos e plataformas se comunicam com bancos de dados BIM. Em uma primeira leitura, observamos que a grande maioria consiste em aplicativos comerciais proprietários, e poucos oferecem acesso aberto. Aqueles orientados ao projeto arquitetônico concentram-se em otimizar a visualização do modelo tridimensional, auxiliando o gerenciamento dos processos de projeto unicamente por atores técnicos, enquanto outros buscam simplificar a visualização do modelo BIM, focalizando a comunicação entre

a equipe técnica e o cliente. Dentre os programas coletados, foram identificados e testados de forma extensiva dezessete deles, priorizando critérios como sua afinidade com a área de gerenciamento de projeto e a possibilidade de acesso a versões gratuitas ou de avaliação. Ao se considerar a disponibilização do código em licenças abertas, o conjunto de programas tornou-se ainda menor. Este fato é congruente com o caráter comercial de grande quantidade das soluções encontradas, ainda que estas duas características não sejam necessariamente incompatíveis. Suas funções estudadas nos testes foram:

1. Facilidade de acesso aos programas (necessidade ou não de download e possibilidade de acesso online);
2. Recursos para compartilhamento e possibilidades de trabalho colaborativo;
3. Capacidade de abrigar a comunicação entre usuários;
4. Visualização e interação com modelos BIM;
5. Formatos de importação e exportação.

O exame mostrou que um objetivo claro desses aplicativos é atender a grandes empresas construtoras em empreendimentos de larga escala. Eles buscam, principalmente, otimizar a interação entre os membros da equipe técnica e apoiar as ações do gerente de projetos. Apesar de sua linguagem geralmente simples, esses programas são destinados a usuários com conhecimento técnico nas áreas de arquitetura, engenharia e construção, visando auxiliar o compartilhamento da comunicação da informação contida no modelo BIM, além da otimização de processos que ocorrem entre os diversos grupos responsáveis pelos diferentes momentos da obra. Esta conclusão baseou-se no fato de que 16 das 17 plataformas testadas apenas disponibilizam o modelo para usuários que tenham sido adicionados como "membros da equipe" e recebido uma função no sistema pelo gerente de projeto. Um único aplicativo permite a liberação de acesso para não-membros, mas não permite que esses usuários insiram informação, autorizando-lhes apenas a visualização e a extração de dados com eventuais marcações. Há, portanto, um foco específico na facilitação do fluxo de trabalho existente no processo de projeto da edificação.

Também percebemos uma grande preocupação com a disponibilização da informação e com as possibilidades de acesso aos aplicativos a partir de vários dispositivos. Ilustra-a o fato de que a grande maioria dos programas é baseada na computação em nuvem, e muitos deles são diretamente acessíveis através de um navegador da Internet, contando com interfaces gráficas claras e intuitivas. Percebemos também uma preocupação com o gerenciamento da informação disponibilizada pelos aplicativos a partir do modelo BIM, de forma que os metadados e as informações gráficas são, em geral, filtrados e somente informações relevantes para a discussão em pauta são disponibilizadas, a depender do perfil do usuário.

Sobre as possibilidades de interação do usuário com o modelo tridimensional, várias dessas plataformas permite a inserção de comentários, marcas de revisão, e indicação de conflitos e problemas ligados a elementos do modelo tridimensional. Essas indicações, entretanto, são visíveis somente no ambiente do aplicativo, não havendo possibilidade de incorporar estas novas informações ao banco de dados BIM original. Tal limitação é expressa pela variação das extensões de entrada e saída: enquanto quase todos os programas testados recebem arquivos no formato IFC (*Industry Foundation Classes* – formato desenvolvido por consórcio internacional para garantir a interoperabilidade dos aplicativos BIM), que suporta informações gráficas e as propriedades de cada elemento, nenhum deles gera arquivos IFC com as informações produzidas fora do aplicativo BIM. Em vez disso, geram arquivos com extensões *.bcf, *.bcp, *.xml e *.xlsx, armazenando informações textuais e imagens, que podem ser usadas em plataformas e aplicativos semelhantes. Isso implica o uso paralelo de, pelo menos, dois tipos de programas, ou seja, BIM e aqueles de revisão e gerenciamento.

A análise aprofundada dos aplicativos pré-selecionados utilizou um único modelo gráfico tridimensional BIM para todos os testes. Para identificar boas práticas e selecionar referências para desenho de interface, funcionalidades e ferramentas tecnológicas, os testes foram guiados a partir de funções consideradas relevantes no desenvolvimento da pesquisa, tais como facilidade de acesso à informação através de plataformas móveis e facilidade de instalação e uso, dando preferência aos que prescindiram da instalação de programas complementares. Foram avaliadas também as possibilidades de manipulação e reestruturação da visualização do modelo 3D, juntamente à capacidade de registrar essa visualização e interagir com ela.

Onde disponível, foi efetuado login como administrador em uma conta e como membro da equipe em outra para que as ferramentas de compartilhamento e comunicação pudessem ser testadas. Com o objetivo de gerar uma segunda versão para possibilitar os testes de comparações e acúmulo de versões, foram introduzidas mudanças no modelo BIM e avaliado o tratamento dado a estas alterações pelo aplicativo. A capacidade de exportação e importação de diferentes formatos de arquivos também assumiu grande importância nos testes, constituindo um importante critério de categorização (Informações detalhadas sobre estes testes estão disponíveis no website do grupo de pesquisa – http://www.nomads.usp.br/wp/bimnomads/).

Com base na análise e no teste destes programas, selecionamos três aplicativos de referência para estudo da interface do usuário: Autodesk Fusion, Konstru LCC e Rendra Stream BIM. Outros três outros aplicativos que também atendem aos interesses gerais da pesquisa foram analisados sob funcionalidades diversas, colaboração e existência de APIs (Application Programming Interface): Catenda BIM Sync, Trimble Connect e Kubus BV BIM Collab. O estudo destes programas contribuiu para melhor definir as possibilidades técnicas de interação com o modelo BIM, bem como as demandas e características desejadas para a aplicação proposta pela pesquisa. O estudo também indicou a inexistência de um aplicativo voltado para a colaboração envolvendo participantes não-técnicos, pois mesmo aqueles destinados a facilitar a interação entre profissionais e clientes demandam a presença e a constante atuação de atores técnicos. Entretanto, foram encontradas as funcionalidades desejadas distribuídas em diversos produtos. Assim, a partir da leitura e análise destas funcionalidades, comparadas às demandas a serem atendidas, estruturou-se o desenvolvimento do aplicativo.

6. CRIANDO UM APLICATIVO

A criação de um protótipo funcional do aplicativo consistiu um procedimento essencial para a compreensão das dificuldades, possibilidades e demandas em detalhe. O embate entre as possibilidades teóricas e a execução de instrumento adequado para sua verificação gerou reflexões importantes que ensejaram a revisão das expectativas iniciais e permitiram que novas informações fossem incorporadas ao processo, aprimorando-o e contribuindo para um refinamento dos entendimentos iniciais.

6.1 Demandas e características

Enquanto pesquisa exploratória, procurou-se contemplar essas questões através da construção de um aplicativo baseado na web, capaz de auxiliar a inclusão de atores não-técnicos no processo de projeto de edificações públicas. Ele deve estar conectado a uma base de dados BIM selecionada, e oferecer aos usuários a possibilidade de não apenas manusear uma representação do modelo tridimensional BIM, mas também de inserir comentários e sugestões. Para fins de estudo, preferimos visar a colaboração em projetos de equipamentos de médio porte, cujos programas não sejam objeto da extrema padronização, como os que norteiam o projeto de escolas e centros de saúde, no estado de São Paulo. Assim, priorizamos equipamentos como complexos esportivos e de lazer de pequena escala, creches, centros comunitários e culturais, por exemplo, cujos programas básicos admitem adaptações locais. Isto significa que, além dos atores técnicos usuais e de pessoas da comunidade, a equipe de projeto ampliada poderá também incluir diretores e funcionários de tais equipamentos.

Uma vez que a construção do aplicativo está sendo realizada segundo, pelo menos, três etapas cumulativas – 1.0, 2.0 e 3.0, como se verá no item 6.3 deste artigo – as principais características esperadas, elencadas a seguir, podem referir-se a versões diferentes. De forma geral, são elas: 1. permitir a visualização de um modelo tridimensional BIM fora do ambiente BIM, incluindo suas versões atualizadas; 2. possibilitar a associação de comentários dos usuários do aplicativo a partes ou elementos do modelo, através de poucos cliques; 3. utilizar linguagem textual e visual acessível a não-técnicos, didática e tão próxima do coloquial quanto possível; 4. aceitar a inclusão de conteúdo textual e fotográfico nos comentários; 5. permitir a visualização da totalidade dos demais comentários postados, para que todo usuário que queira inserir comentários possa ler todos os comentários postados anteriormente; 6. estimular o debate, permitindo que se comente em comentários de outras pessoas; 7. permitir que os comentários sejam vistos pela equipe técnica, tornando obrigatória uma resposta de seus membros aos comentários; 8. permitir que, na sequência, atores não-técnicos comentem as respostas dos atores técnicos; 9. permitir simulações orçamentárias para subsidiar novas compreensões e sugestões de projeto por atores não-técnicos; e 10. implementar um sistema de "apoiar" ou "desapoiar" comentários e tópicos individuais.

Espera-se, assim, que atores não-técnicos possam introduzir informações e questões próprias de seu universo de conhecimento, como aspectos da vida local, reivindicações anteriores, sentimentos da comunidade, relações com elementos da paisagem, ou a experiência cotidiana daquele determinado contexto urbano e social, dentre outras. A inclusão no aplicativo de mecanismos que estimulem a conversação entre atores técnicos e não-técnicos visa integrar estes últimos, tanto quanto possível, à equipe de projeto assim ampliada, superando os costumeiros limites de mera "consulta à comunidade".

Para tanto, propõe-se que a discussão ocorra por tópicos e por sucessivas aproximações ao objeto, com progressivo aumento do grau de detalhe, e sucessivos níveis de tomada de decisão. Além de contribuir para facilitar a introdução do uso do aplicativo nos processos produtivos existentes, esta definição pode auxiliar o envolvimento da comunidade por tornar-lhe mais acessíveis as informações a serem processadas e consideradas nas tomadas de decisão (Figuras 1 e 2). Além disso, esse processo gradual, no contexto brasileiro, pode auxiliar a construção de um conhecimento coletivo progressivo sobre aspectos do funcionamento da administração pública, fomentando o interesse do cidadão.

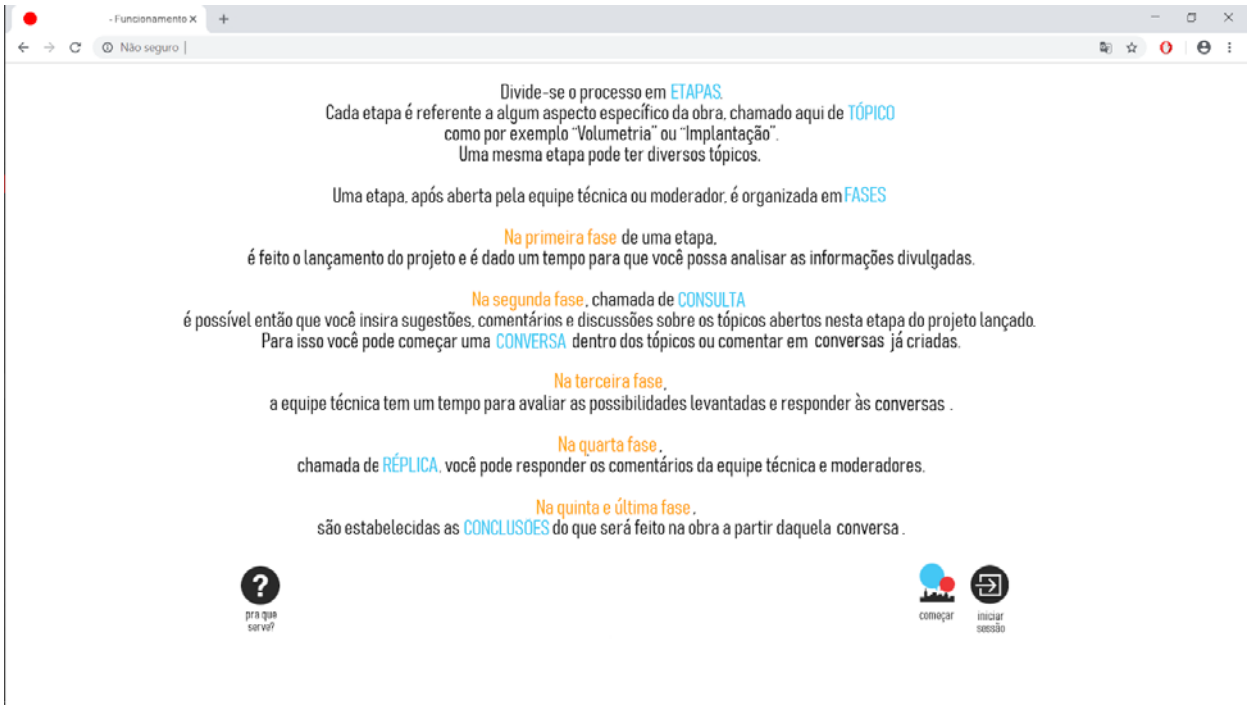


Figura 1: Tela do aplicativo, expondo o funcionamento do processo. Fonte: Os autores (2019)

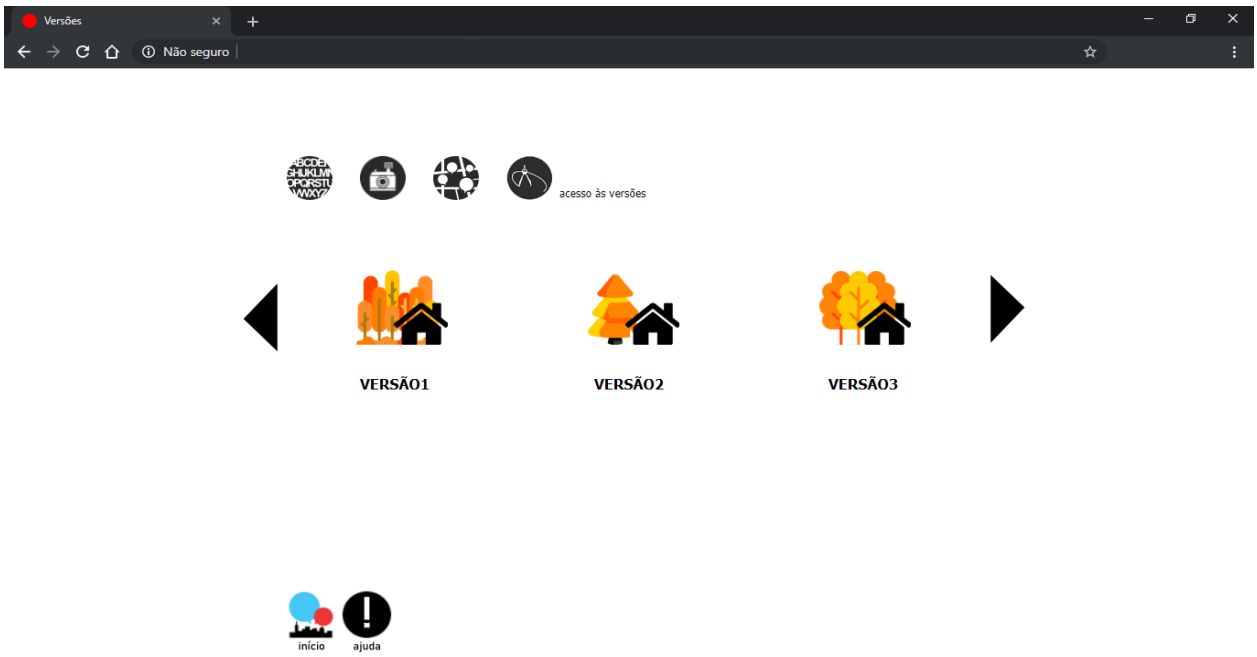


Figura 2: Tela do aplicativo oferecendo um comparativo entre possíveis versões do projeto. Informações são disponibilizadas quando o usuário posiciona o cursor sobre os ícones (mouse over). Fonte: Os autores (2019)

O papel e as atribuições da equipe técnica mantêm-se preservados, ainda que sejam ampliados com a responsabilidade de responder às observações dos atores não-técnicos. Este feedback é obrigatório, e não significa uma sobreposição ou uma atitude de tutelagem por parte do corpo técnico, mas, antes, o exercício das atribuições próprias de cada um dos atores. Portanto, a previsão de uma equipotência na atuação, para que diferenças hierárquicas sejam minimizadas no debate, não significa uma homogeneidade de atribuições, mas, sim, que, dentro de todo o processo, reconhece-se uma equivalência qualitativa das diferentes contribuições. Como exemplo, não se pretende que a população atue como arquitetos, mas que os arquitetos balizem a sua atuação pelos parâmetros e contribuições dadas pela população, assim como os atores não-técnicos sejam alimentados de informações técnicas com vistas ao exercício de sua capacidade de contribuição. Momentos diversos no processo pressupõem capacidades distintas de agenciamento pelos diversos atores, dentro de seus limites, capacitações e atribuições.

Esta escolha por uma divisão em tópicos específicos em momentos definidos (Figura 3), diferentemente de um processo de discussão holístico de todas as possibilidades e características da edificação, também se deve ao fato de que, em geral, as equipes técnicas dos órgãos públicos possuem grande demanda de serviços, tornando difícil a administração em tempo real das demandas dos usuários não-técnicos do aplicativo. Esta divisão também auxilia a compreensão, por parte dos atores não-técnicos, dos diferentes momentos e das diversas disciplinas envolvidas dentro do processo de projeto - já que, ao contrário dos profissionais da área, estes vários atores não-técnicos não possuem, em princípio, o conhecimento técnico variado e necessário para compreender outras disciplinas no conjunto do processo produtivo da edificação (LINDEROTH, 2010).

Por exemplo, na discussão sobre a volumetria e implantação, em geral situada no início do processo de projeto, os tópicos de discussão estão concentrados nestes aspectos, e a informação gráfica disponibilizada dá suporte à compreensão das possibilidades e limites das soluções propostas, fornecendo informações adequadas para tomadas de decisão, como custos, conforto térmico, manutenção, entre outros, em um gráfico comparativo e simplificado.

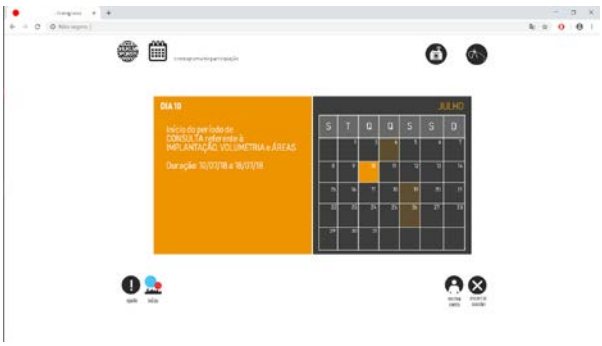


Figura 3: Tela do aplicativo expondo o cronograma geral do processo participativo. Fonte: Os autores (2019)

Cada versão pode ser avaliada detidamente, através de manipulação do modelo tridimensional, sendo possível a visualização simultânea do modelo e dos comentários já postados (Figura 4). O estágio 2.0 de desenvolvimento do aplicativo prevê a possibilidade de obtenção de informações e realização de marcações sobre o modelo, possibilitando a conversa a partir delas. É importante notar que estas possibilidades de interação são disponibilizadas a todos os atores, e não apenas aos técnicos, tornando possível uma discussão sobre as diferentes versões da proposta entre todos os envolvidos no processo decisório.

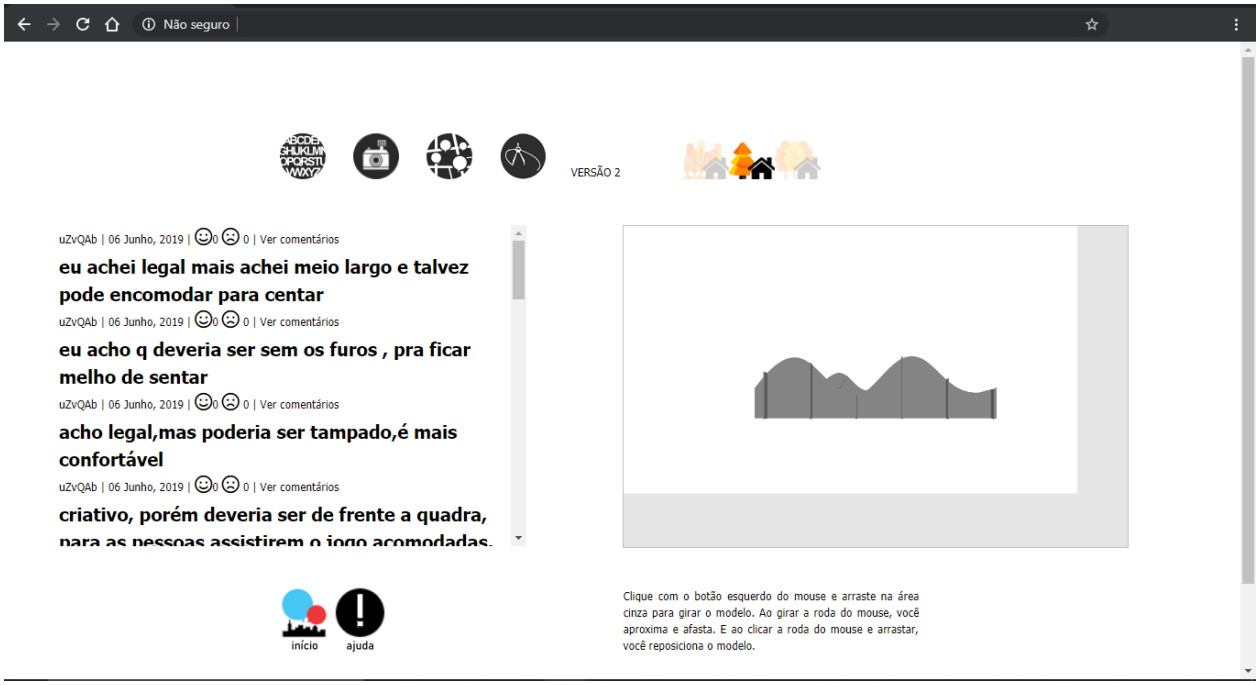


Figura 4: Tela do aplicativo exemplificando as informações obtidas através do modelo tridimensional, com discussão e visualização simultâneas. Fonte: Os autores (2019)

Após este primeiro momento de interação, as informações e contribuições são analisadas pelos atores técnicos, seja incorporando sugestões ao projeto, seja explicitando por escrito, como resposta aos comentários, os motivos de sua eventual rejeição. Estes elementos também podem ser utilizados para auxiliar outros procedimentos de participação - como, por exemplo, audiências públicas ou assembléias de orçamento participativo - fazendo parte de um conjunto de estratégias, incorporando e fornecendo informações de e para estas outras ações. Além de estabelecer uma relação com instrumentos participativos tradicionais, o aplicativo pretende integrar-se a outros meios digitais que atuam em momentos e aspectos específicos, como plataformas de consulta e decisão, a exemplo do Consul, plataforma pública online para discussões e decisões participativas utilizada plataforma Decide.Madrid (https://decide.madrid.es/), da prefeitura de Madrid, ou fóruns de discussão e votação. Por fim, em uma eventual reforma ou descarte da edificação, todas as discussões realizadas através do aplicativo podem ser retomadas, gerando uma memória sobre os processos e as motivações das decisões tomadas.

6.2 Questões técnicas

A exemplo dos aplicativos e plataformas explorados nas fases anteriores da pesquisa, o aplicativo aqui proposto e descrito pressupõe uma integração com o BIM, em função da necessidade de colaboração constante entre atores, e da disponibilização contínua do modelo tridimensional contendo informações atualizadas para instrumentar as discussões em curso. Estas ações devem ser transparentes para todos os envolvidos, de forma a se garantir a validade do processo (Figuras 5 e 6). A integração poderá ser realizada através do uso de APIs, a exemplo de alguns dos aplicativos BIM comerciais analisados ou, preferencialmente, através de processos automatizados de exportação de modelos para formatos abertos suportados pelo aplicativo, como aqueles de extensão *.ifc.

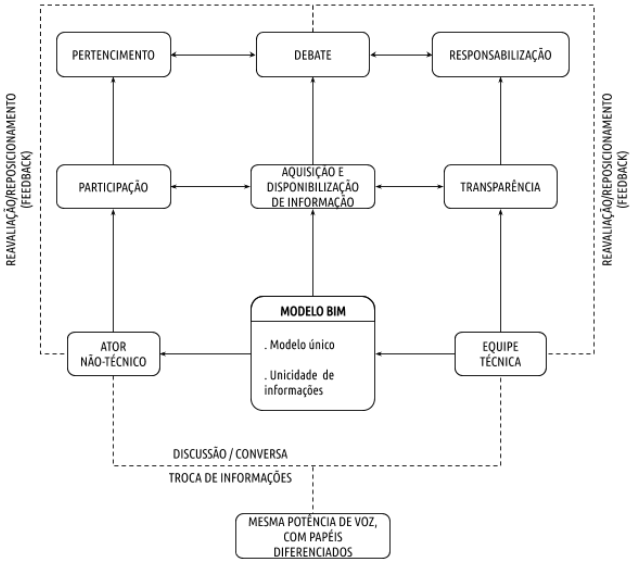


Figura 5: Fluxograma de interações e objetivos do aplicativo, demonstrando possibilidades e atitudes esperadas. Fonte: Os autores (2019)

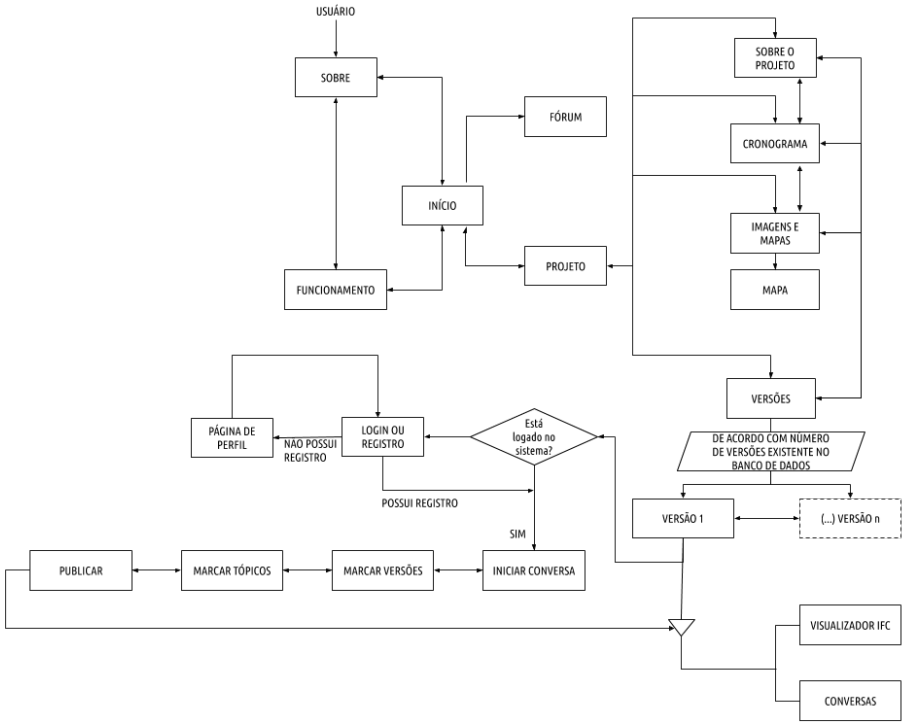


Figura 6: Fluxograma de funcionamento do aplicativo, demonstrando os diversos atores e as fontes de dados disponibilizadas. Fonte: Os autores (2019)

Esta complexidade e a necessidade de disponibilizar as informações de maneira uniforme a todos os envolvidos no projeto, sejam eles parte da comunidade, da equipe técnica, gestores públicos ou outros interessados, conflita com outros aspectos que influenciam a possibilidade de acesso ao aplicativo. Segundo o IBGE, 64,7% da população brasileira com 10 anos ou mais utilizaram a Internet no Brasil, em 2016. Do total de seus acessos, 94,6% foram realizados por telefone celular, e 63,7% por microcomputadores (IBGE, 2018). Ainda que, de acordo com o CETIC.BR (2018), apenas 67% dos domicílios do país dispusessem de conexão à Internet, em 2018 (73% na Região Sudeste), a porcentagem de escolas urbanas brasileiras conectadas à rede era, no mesmo ano, de 98%, sendo 100% nas regiões Sudeste, Centro-oeste e Sul. Estes números indicam que a utilização da Internet como meio para participação da população é viável, pois uma parcela expressiva da população tem acesso a estes recursos, e também porque escolas urbanas, em especial as públicas, podem ser utilizadas para debates comunitários presenciais com uso simultâneo de aplicativos computacionais de apoio à discussão.

Além disso, estas pesquisas mostram que boa parte do acesso à rede se faz através de equipamentos portáteis, com configurações e capacidades variadas. Assim, ainda a exemplo dos aplicativos comerciais estudados anteriormente, o aplicativo em desenvolvimento deverá adaptar-se a esta realidade, pois, caso contrário, pode-se configurar um cenário de segregação de parcelas da comunidade que não possuem equipamentos com especificação mínima necessária. Esta característica, entretanto, demanda um alto grau de desenvolvimento e otimização, e está prevista para ser implementada na versão 3.0 do aplicativo, pretendendo que, além de operar a partir de um navegador de Internet e permitir a manipulação do modelo tridimensional, possua escalabilidade segundo as diferentes capacidades de processamento dos aparelhos individuais. Assim, o uso de linguagens que independem do sistema operacional ou de hardware específico, como o HTML5, Javascript, entre outras, tem a vantagem de permitir acesso a partir de qualquer dispositivo, sejam aparelhos celulares, tablets ou computadores pessoais, e vem sendo priorizado desde o início do desenvolvimento do aplicativo.

Entretanto, além destas questões próprias do ambiente de desenvolvimento do aplicativo, há outras de cunho operacional. Como em todo espaço para discussão na Internet, o alcance da plataforma exigirá proteção à ação de grupos ou indivíduos que possam tentar direcionar os debates para atender fins particulares, ou mesmo enfraquecer a discussão. O uso do aplicativo deverá ocorrer mediante a concordância com normas claras de conduta, de forma a minimizar ataques pessoais, propaganda e indução das discussões, com moderadores provenientes da comunidade e da equipe técnica, a exemplo de plataformas existentes atualmente na Internet. O aplicativo também propõe, em paralelo à moderação por parte de membros da própria comunidade, um sistema de apoios a colocações individuais, de forma que a própria comunidade filtre os comentários e propostas que ela entenda como pertinentes. Este sistema é amplamente utilizado em fóruns como o Reddit, ou mesmo na plataforma Decide.Madrid (Figura 7).

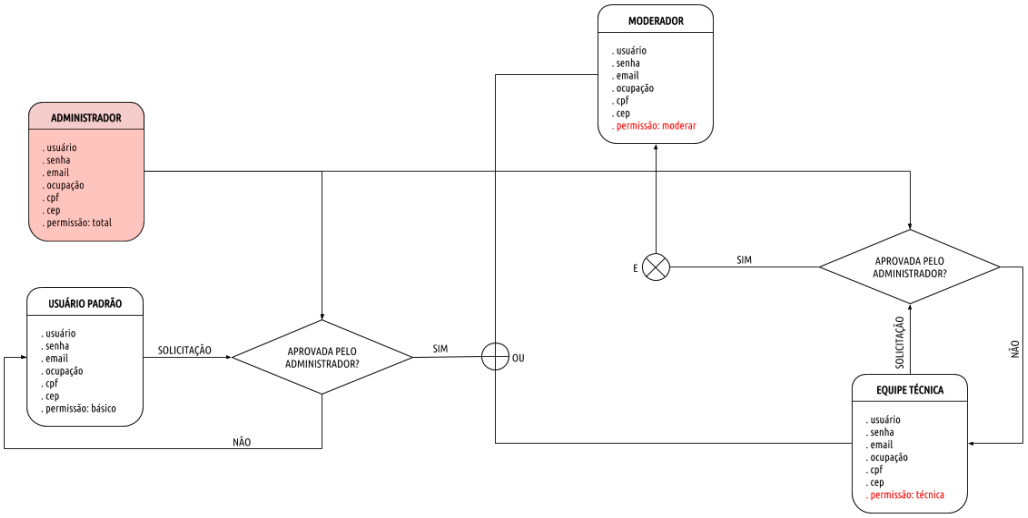


Figura 7: Fluxograma de operação e controle das interações, divididas em quatro partes independentes e autônomas. Fonte: Os autores (2019).

A visualização da totalidade da comunicação, assim como a centralização, em um único servidor, do processamento dos dados e das informações produzidas, é benéfica, do ponto de vista do aplicativo, como uma instância de participação popular equivalente e complementar aos instrumentos hoje preconizados pela legislação. Isso permite que todo o histórico de interações e decisões seja mantido como registro público das discussões realizadas, durante todo o ciclo de vida da edificação, servindo também como instrumento de responsabilização dos agentes técnicos e gestores públicos, e de monitoramento por parte dos não-técnicos. A portabilidade dos aparelhos celulares permite que a informação seja mais amplamente e rapidamente compartilhada e discutida. Futuras interações com redes sociais e outras plataformas de compartilhamento de conteúdo poderão contribuir para fortalecer o senso de comunidade e a formação de redes de ação em torno dos atos do Poder Público.

A entrada de dados no aplicativo online, após sincronização com o servidor, se faz no formato *.ifc, possibilitando a visualização do modelo 3D e seus metadados selecionados. Seu banco de dados e operação online estão sendo desenvolvidos convencionalmente em PHP e SQL, já que o aplicativo precisa ser leve e facilmente utilizável, sem necessidade de instalações adicionais. A exemplo dos aplicativos comerciais estudados, não se prevê, nestas primeiras versões, a possibilidade de incorporação direta ao banco de dados BIM das informações produzidas no aplicativo, pois a complexidade desta funcionalidade consumiria recursos incompatíveis com o ganho esperado. Esta é, entretanto, uma possibilidade teórica que pode continuar a ser perseguida posteriormente, através do uso de formatos auxiliares.

6.3 Fases de implementação

A definição das fases de construção e implementação do aplicativo considera etapas de desenvolvimento computacional, verificação do entendimento dos usuários das informações disponibilizadas, verificação das possibilidades de interação oferecidas, implementação gradativa de estratégias de envolvimento da população no uso da plataforma, aprofundamento dos níveis de conteúdos disponibilizados, ampliação gradativa de recursos de interação, e produção de versões compatíveis com diferentes dispositivos (Quadro 1).

Quadro 1: Etapas previstas de desenvolvimento e propriedades do aplicativo. Fonte: Os autores (2019)

Propriedades	1.0	2.0	3.0
Etapas de desenvolvimento computacional	Site hospedeiro html + visualizador de modelo IFC html ou javascript	Site hospedeiro html + visualizador IFC + georreferenciamento + funcionalidades de interação com dados do modelo IFC	Site hospedeiro html + visualizador IFC + georreferenciamento + funcionalidades de interação com dados do modelo IFC + interação com dados de outras bases
Interação com o modelo 3D	Visualização, giros e zoom	Captura de imagem + inclusão da imagem em comentário	Marcação, captura e inclusão
Modelo 3D: percursos	Sem possibilidade de percurso	Pré-definido	Percurso livre com colisão

Informações disponibilizadas	Contextual, limitadas aos elementos discutidos	Contextual e global sobre o objeto de discussão	Contextual, global e em relação a outros aspectos, como orçamento municipal, etc. (interação com outras plataformas)
Possibilidades de interação oferecidas ao usuário final para obtenção de informação	Uso de fórum de discussão, acesso aos dados gerais do projeto e acesso a metadados de alguns objetos individuais	Acesso a metadados, cruzamento e comparação de dados	Análise de cenários diversos, cruzamento de dados de outras bases
Possibilidades de interação oferecidas ao usuário final para inserção de informação	Fórum de discussão, comentários, apoiar ou não comentários dos demais	Associação de postagens a elementos	Simulação de cenários, envio de sugestões
Estratégias de envolvimento da população	Disponível online e em assembleias e reuniões da comunidade	Disponível online e em assembleias e reuniões da comunidade	Interação com redes sociais
Níveis de conteúdos disponibilizados	Informações locais (sobre o projeto e sobre o local). Limitado ao projeto.	Informações sobre o projeto e o andamento da construção	Durante todo o ciclo da obra, integração com outras bases de dados e sistemas (ouvidoria, orçamento municipal
Versões compatíveis com diferentes dispositivos	Desktop, notebooks. Funcionalidades limitadas em tablets e celulares	Desktop, notebooks. Funcionalidades limitadas em tablets e celulares	Desktop, notebooks, tablets, celulares

Como estratégia de desenvolvimento, pretende-se operar em um ambiente controlado, tanto do ponto de vista das possibilidades de interação e da quantidade de informações disponíveis, quanto do grupo de usuários da comunidade, procurando estabelecer um percurso de disponibilização de conteúdos de maneira progressiva. Esta progressividade é necessária para que as questões técnicas mais fundamentais sejam solucionadas de maneira sólida, além de facilitar a implementação do aplicativo no fluxo de trabalho do Poder Público, e também estabelecer procedimentos e estratégias para envolvimento da comunidade.

A Etapa 1.0 busca estabelecer elementos essenciais para que o aplicativo se configure como espaço para discussão e colaboração. Desde o princípio, é fundamental a interação com o modelo tridimensional importado diretamente do modelo BIM, incluindo tanto informações geométricas quanto parâmetros e metadados, para que a atuação de não-técnicos através do aplicativo signifique, efetivamente, uma ampliação da equipe de projeto. Para tanto, estes atores não-técnicos devem ter acesso às mesmas informações disponíveis aos técnicos, ainda que estas possam enfatizar especificamente os elementos em discussão, a cada momento. Esta primeira versão também opera dentro de ambientes mais controlados, tanto do ponto de vista dos equipamentos, como desktops e notebooks, quanto nas estratégias de envolvimento dos demais atores, associada a assembleias e reuniões da comunidade interessada. Através destes ambientes controlados, com instrumentos de interação limitados a fóruns de discussão sobre os tópicos em pauta, procura-se estabelecer a viabilidade e os parâmetros prioritários de desenvolvimento, refinando a plataforma através de experimentações, e estabelecendo um plano de desenvolvimento e otimização dos processos.

A Etapa 2.0 focaliza a interação usuário/modelo e a exploração dos metadados contidos no modelo. Também nesta fase está prevista a associação de postagens a objetos específicos do modelo, além da possibilidade, no fórum, de inserção de imagens e capturas de tela. Estas capacidades diversas de interação pretendem trazer um refinamento da discussão, com a possibilidade de um debate mais pormenorizado e preciso sobre elementos ou grupo de elementos. Informações sobre objetos e seus processos construtivos poderão ser conhecidas e discutidas, enriquecendo o debate e abrindo a possibilidade de maior conscientização sobre as relações entre os diversos atores e os processos que colaboram para a produção de uma obra pública.

A Etapa 3.0 lida com a otimização e refinamento das bases já estabelecidas anteriormente. Em especial, há uma devoção de recursos para ampliar a possibilidade de acesso em plataformas móveis, em especial celulares. Esta ampliação da gama de dispositivos suportados visa enriquecer o acesso e torná-lo mais presente, permitindo que os usuários "carreguem as informações consigo" e possam utilizá-las em situações diversas, a qualquer momento. Essa possibilidade coincide com a conexão do aplicativo a redes sociais - ainda que de maneira limitada - e à ampliação do seu escopo à fase de execução da obra, permitindo acompanhamento e operando como auxiliar nos processos de acompanhamento da execução por parte dos atores não-técnicos.

Após a consolidação dos princípios fundamentais nas três etapas, as possibilidades de interação e de participação serão expandidas, buscando uma maior autonomia e diversidade nas formas de obtenção de informação e contribuição dos atores não-técnicos, procurando estabelecer-se como elemento de suporte a outras ações de participação. Estas ações posteriores dependem de regulamentação e de adoção do aplicativo por parte do Poder Público, e não são, portanto, objeto de um plano de desenvolvimento técnico, mas de gestão e atuação política. Considera-se, entretanto, que, em sua versão 3.0, a plataforma será capaz de alcançar os objetivos e demandas definidas inicialmente na pesquisa, e poderá ser disponibilizada

de forma aberta para que outros desenvolvedores a aperfeiçoem e adaptem a demandas e situações específicas.

7. TESTES, EXPERIMENTOS E REVISÕES

A fim de testar as funcionalidades e navegabilidade do aplicativo com indivíduos não-técnicos e externos ao processo da pesquisa, conduzimos um pré-teste de abrangência reduzida, contando com um grupo de seis pessoas de diferentes faixas etárias e gêneros. Seus resultados produziram uma listagem de ajustes, compreendendo diferentes graus de complexidade, e organizados nas categorias de 1. Acessibilidade, 2. Tutoriais e guias, 3. Adaptabilidade, (4) Segurança, (5) Ajustes visuais da interface, (6) Funcionalidades da interface, (7) BIM e IFC, (8) Divulgações e créditos e (9) Interface do administrador.

7.1 Experimento no Projeto JAM!

Um segundo experimento ofereceu a oportunidade de teste com uma comunidade real, tendo sido realizado no município de Viçosa, MG, no âmbito do projeto de pesquisa JAM!, em colaboração com o grupo de pesquisa Nó do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal de Viçosa, após a aprovação do Comitê de Ética daquela universidade. Os ajustes necessários foram ordenados de acordo com a relevância e impacto de cada item nos objetivos do experimento, de maneira isolada. Por exemplo, foi constatado, durante o primeiro experimento, que deveria ser instalada, em cada comentário, uma função que contabilizasse os likes e dislikes dados a ele. Entretanto, também foi constatado que a versão WebGl (extensão nativa dos navegadores de internet atuais utilizada para exibir informação geométrica como um modelo tridimensional na janela do navegador) utilizada pelo visualizador do modelo IFC não é suportada por qualquer máquina, percebendo-se, portanto, a necessidade de dispor uma alternativa mais leve à essa tecnologia. Ao comparar essas duas necessidades levantadas, concluiu-se que a possibilidade de visualização do modelo por máquinas com placas de vídeo com processamento inferior é de maior relevância do que a contabilização dos likes e dislikes dos comentários.

Outro fator importante na definição de prioridades foi a complexidade de cada ajuste face à capacitação necessária para realizá-lo. Enquanto alguns ajustes exigem uma capacitação prévia já adquirida pela equipe durante a pesquisa, outros exigem maior investimento de tempo na capacitação e estudo de novas ferramentas e linguagens. Portanto, a definição das prioridades dos ajustes levou em consideração também o tempo de preparo e execução que cada item exigiria.

Ao iniciar-se o processo de revisão, uma nova versão do aplicativo foi criada. Apesar desta conter diversos ajustes necessários à versão 1 do aplicativo, o desenvolvimento da nova versão focou em personalizá-lo para uso na ação do projeto JAM!. A versão utilizada no teste inicial foi mantida como Versão 1 - de acordo com as etapas de desenvolvimento previstas (quadro 1) - e a versão para a ação foi realizada como uma etapa paralela da Versão 1, ainda não representando a Versão 2.

Outro exemplo de ajuste necessário foi a busca pela linearidade da navegação, identificada como essencial durante os testes iniciais. Enquanto a versão utilizada no primeiro teste propõe uma linearidade sutil, ainda utilizando páginas centralizadoras e exclusividade de ícones específicos para acesso às páginas, a versão utilizada no JAM! conta com uma proposta de navegação linear mais clara, com setas laterais, possibilitando o acesso a todas as páginas ao clicar nelas: anterior e posterior (Figuras 8 e 9).

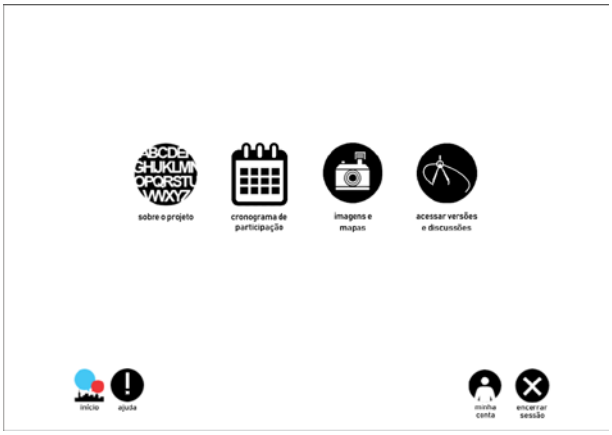


Figura 8: Tela introdutória ao projeto, Versão 1. Fonte: Os autores (2019)

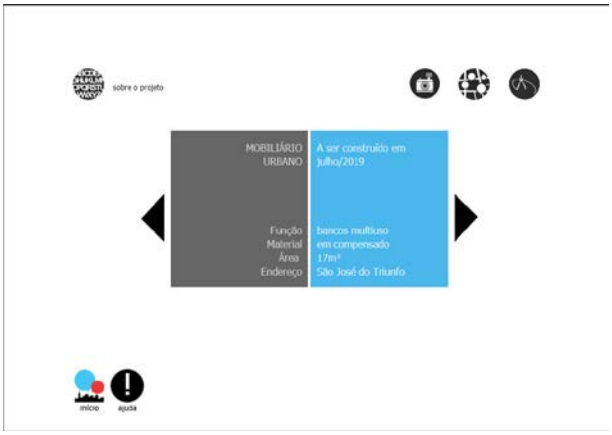


Figura 9: Tela introdutória ao projeto, Versão JAM! Fonte: Os autores (2019).

Uma alteração significativa, realizada apenas para o experimento com o projeto JAM! e posteriormente revertida, foi a supressão da necessidade de registro individual para navegação no aplicativo. Entende-se que o registro único e individual é indispensável para o uso do aplicativo em processos de obras públicas, como propõe seu desenvolvimento. Entretanto, para a aplicação prevista pelo projeto JAM!, o registro não apenas não cumpriria o papel previsto, mas talvez inibisse seu uso, retardando a ação. Em vista disto, foi decidido, juntamente com o grupo de pesquisa parceiro Nó, da UFV, suspender esse registro para essa aplicação única, substituindo-o pela geração de nomes de usuário aleatórios. Esta decisão contribuiu para uma maior agilidade no uso da plataforma na dinâmica estabelecida pela equipe em Viçosa.

O uso do aplicativo no projeto JAM! constituiu sua primeira aplicação em um processo real de participação de atores não-técnicos no processo de projeto de uma proposta de intervenção urbana. O aplicativo não foi utilizado como meio exclusivo de interação entre a equipe técnica do projeto (composta pelos pesquisadores do grupo Nó) e a comunidade do distrito de São José do Triunfo, também conhecido como Fundão, em Viçosa. A interação no aplicativo ocorreu durante três eventos realizados no Fundão, nos dias 6, 7 e 8 de junho de 2019, assistidos pela equipe do Nó. Nos dois primeiros dias, o público foi composto por alunos da Escola Estadual José Lourenço de Freitas e, no terceiro dia, a interação ocorreu durante a festa junina da comunidade, com público mais amplo e variado. O aplicativo esteve aberto à interação durante todo o período, e foram registradas 65 contribuições distintas, já desconsideradas inserções duplicadas ou em branco, distribuídas conforme indicado na figura 10.

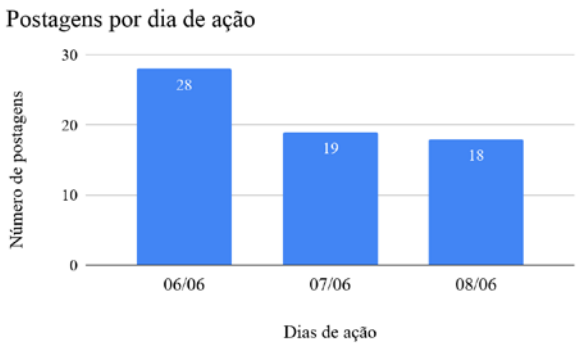


Figura 10: Página central de projeto da Versão 1 e página introdutória ao projeto da Versão JAM!, respectivamente. Fonte: Os autores (2019)

Verificou-se que a interação com o aplicativo ocorreu exclusivamente durante o período em que os pesquisadores do Nó estiveram presentes com a comunidade, auxiliando-a. Devido à má qualidade da conexão à Internet no local, a livre navegação no aplicativo ficou prejudicada. Assim, houve somente a disponibilização de computadores do grupo com as páginas do modelo pré-carregadas, às quais os usuários foram direcionados após interagir com outras formas de apresentação do projeto, como maquetes físicas, desenhos técnicos e perspectivas impressas (Figura 11).



Figura 11: Dinâmica da ação dos pesquisadores do grupo Nó junto aos alunos da Escola Estadual José Lourenço de Freitas, com o uso de elementos físicos (mapas, maquetes) e do aplicativo. Fonte: Igor Ambrósio Faria, Grupo Nó (2019).

A análise das respostas dadas pelos usuários revelou que os dois dias de ação nas escolas incentivaram maior quantidade de respostas acerca do objeto, seguidos de discussões sobre as questões mais gerais da comunidade, e, por fim, sobre o local e a situação da implantação do mobiliário projetado. Comentários gerais, sem relação direta com esses temas, superaram comentários sobre a implantação do projeto (Figura 12).

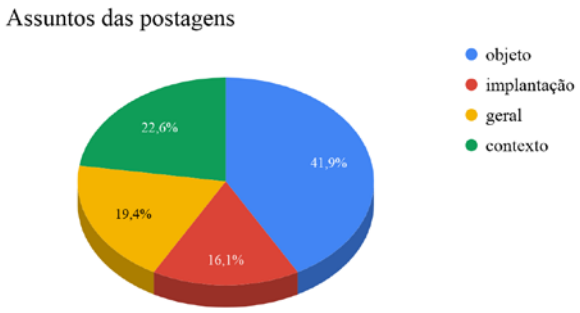


Figura 12: Projeto JAM!: distribuição dos assuntos dos comentários, durante toda a ação. Fonte: Os autores (2019).

O experimento mostrou que houve um entendimento do objeto proposto e um domínio sobre as informações oferecidas localmente. As opiniões sobre o projeto fundamentaram-se nos elementos presentes na ação presencial – maquetes físicas, desenhos, esquemas, representação tridimensional no aplicativo -, enquanto as informações sobre o contexto local são próprias da comunidade e representam a contribuição única que esta comunidade específica pode acrescentar ao projeto. Não foram registradas colocações sobre o sistema ou o método construtivo do objeto (Figura 13).

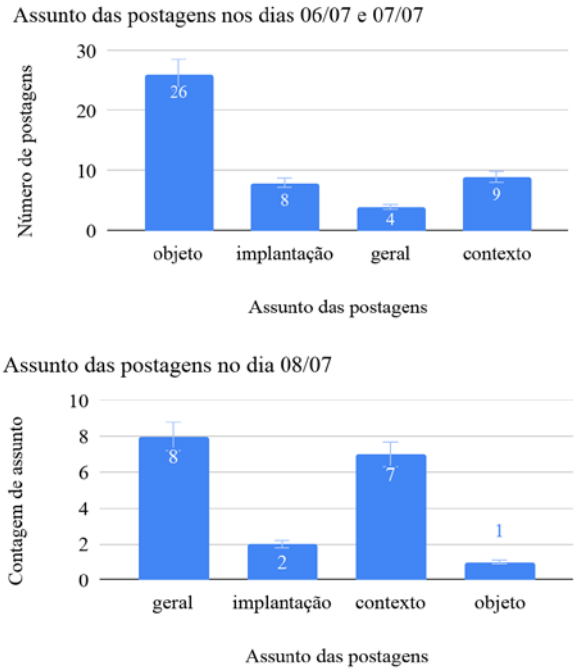


Figura 13: Projeto JAM!: distribuição dos assuntos dos comentários, durante a ação na escola e durante a festa junina. Fonte: Os autores (2019).

Toda a ação foi acompanhada à distância pela equipe do Nomads.usp, no estado de São Paulo, que proveu suporte técnico e realizou a moderação e monitoramento do banco de dados, a carga dos modelos IFC no servidor do grupo e das páginas web durante toda a duração da interação. O trabalho de moderação limitou-se a eliminar postagens duplicadas ou em branco. Não foram, no entanto, verificados comentários em dias distintos dos três dias de duração do experimento.

Do ponto de vista funcional, a plataforma comportou-se de maneira nominal, atendendo às expectativas e suportando a usabilidade proposta. O experimento no distrito do Fundão embasou novas reflexões que resultaram em novos ajustes no aplicativo. Talvez o retorno mais significativo tenha sido sobre a contextualização dos objetos nas imagens disponibilizadas ao público: se uma planta ou um corte são abstratos e de difícil interpretação, um objeto tridimensional ou a imagem de sua situação sem o contexto físico também pouco contribuem para o entendimento da proposta como um todo. No caso do material disponibilizado, verificam-se poucas indicações: os materiais que lidam com a tridimensionalidade do projeto (a maquete física e o modelo interativo do aplicativo) contêm informações somente sobre o objeto, sem seu contexto. A contextualização ficou a cargo das perspectivas renderizadas e impressas, apresentadas presencialmente durante a ação nas escolas, e das informações transmitidas oralmente pelos pesquisadores (Figura 14).



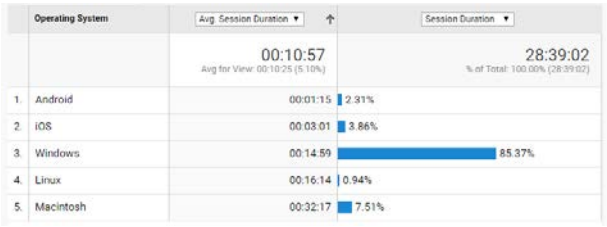
Figura 14: Projeto JAM!: materiais disponibilizados pelos pesquisadores do grupo Nó durante ação na festa junina da comunidade, em 8 de junho de 2019. Fonte: Denise Mônaco, grupo Nó (2019).

O aplicativo mostrou-se dinâmico e responsivo, em especial na manipulação do objeto tridimensional, pois uma vez que o modelo IFC é carregado pela página, sua visualização fica a cargo da própria máquina do usuário. A biblioteca Javascript (linguagem de programação utilizada pelos navegadores atuais para exibir conteúdo dinâmico) é satisfatoriamente otimizada para uso em computadores com poder de processamento mediano, o que tornou adequada a experiência.

As observações fornecidas pelos participantes das ações trazem contribuições relevantes para o projeto. A primeira delas é que se verifica uma aceitação, por parte dos participantes da intervenção: nenhum comentário ou colocação se posicionou contra a intervenção, e ficou evidente a preocupação com a conservação e com eventuais usos inadequados do equipamento proposto. Outra preocupação expressa recorrentemente nos comentários refere-se à segurança dos usuários: o modelo apresentava um objeto com grandes vãos entre as peças, o que gerou uma preocupação de acidentes ou de acúmulo de lixo. Por fim, outros usos foram sugeridos: rampa de skate, de bicicleta, local para observar as crianças brincando.

Em reunião de avaliação com a equipe do Nó após a ação, foi relatado uma grande dificuldade técnica no acesso à Internet no local, inviabilizando o uso mais autônomo do aplicativo por parte da comunidade. Essa dificuldade foi igualmente percebida através da existência de mensagens em branco ou duplicadas, pois a lentidão da rede local prejudicou o feedback ao usuário, incentivando-o a enviar novamente a mesma mensagem. A verificação automática de postagens duplas em curto período de tempo, bem como a impossibilidade imposta pelo aplicativo de publicação de postagens em branco, podem dirimir esta questão.

Estas dificuldades técnicas também afetaram o uso da plataforma em momentos posteriores à ação. Através da análise das estatísticas de acesso ao site e interação fornecidos pelo Google Analytics, e do script de tracking presente em todas as páginas, nota-se uma grande quantidade de sessões ativas no período anterior ao uso da plataforma, em consequência do próprio processo de desenvolvimento e testes, seguido de uma diminuição constante do interesse. Estas estatísticas indicam também um pequeno aumento no número de sessões utilizando terminais móveis após o evento, com pouca permanência. Isso indica uma necessidade de avanço na compatibilização da plataforma com o acesso a partir de celulares e tablets, e, em especial, a possibilidade de manipulação do modelo tridimensional a partir deles (Figura 15).



	Operating System	Avg. Session Duration	Session Duration
		00:10:57 (Avg for View: 00:10:25 (5.10%))	28:39:02 (% of Total: 100.00% (28:39:02))
1.	Android	00:01:15	2.31%
2.	iOS	00:03:01	3.86%
3.	Windows	00:14:59	85.37%
4.	Linux	00:16:14	0.94%
5.	Macintosh	00:32:17	7.51%

Figura 15: Projeto JAM!: sistema operacional utilizado para acesso ao site versus duração média da sessão. Os acessos via dispositivos móveis, representados pelos sistemas operacionais Android e iOS, são bastante breves, enquanto os acessos através de sistemas operacionais para notebooks e desktops possuem sessões mais duradouras. Fonte: Google Analytics (2019)

A próxima etapa do projeto está concentrada na produção do mobiliário proposto incorporando sugestões da comunidade obtidas durante a ação, e sua instalação no distrito do Fundão, no local definitivo.

8. CONCLUSÕES

No momento de submissão deste artigo, o aplicativo aqui apresentado ainda se encontrava em fase de estudos, em estado protótipico, e seu uso em situações reais de colaboração entre técnicos e não-técnicos ainda precisaria ser realizado com cautela. Os experimentos realizados e outros em andamento, entretanto, produziram resultados encorajadores, indicando aceitação do aplicativo por usuários técnicos e não-técnicos, bem como uma flexibilidade de adaptação para diferentes aplicações, com requisitos e dinâmicas variados. A necessidade de se utilizar o aplicativo conjuntamente com outros instrumentos, sejam eles presenciais ou remotos, fica evidente no teor das contribuições obtidas: quanto maior a quantidade de informações qualificadas, tanto maior a produção de contribuições mais significativas e menos genéricas.

Do ponto de vista tecnológico, o aplicativo é viável e operacional, dependendo, entretanto, da estabilidade de conexão à Internet e de melhor adaptabilidade a terminais móveis, em especial na interação com o modelo tridimensional, em telas sensíveis ao toque. Entretanto, conclui-se que a possibilidade de interação com o modelo BIM pelos atores não-técnicos é viável e passível de gerar contribuições significativas no processo de projeto de obras públicas.

No que se refere à proteção dos dados, há certamente a necessidade de implementação de protocolos de segurança e criptografia para a transmissão de dados pessoais e garantia da possibilidade de auditoria externa, não tendo sido implementada para a atual fase de testes para melhor direcionamento dos esforços da equipe. Também está prevista a presença constante de moderadores na plataforma, oriundos do poder público e das comunidades envolvidas, procurando estabelecer um ambiente propício para o debate proposto. Como um espaço de discussão pública entre os diversos atores interessados, a plataforma demanda a identificação clara de cada usuário, e poderá ser utilizada em integração com outros cadastros elaborados pela administração pública local, procurando garantir que cada indivíduo possua uma única identidade na plataforma. Ainda que essa identificação do usuário gere dificuldades e riscos, a possibilidade de uso de identidades anônimas ou da criação livre de cadastros possibilita o uso de ferramentas de manipulação do debate (manualmente ou através do uso de *bots*) e propagação mais fácil de *fake news*, prejudicando a interlocução e sobrecarregando os mediadores. A equivalência de importância entre os atores, pretendida pela plataforma,

também se aplica à responsabilização e à transparência dos atos de todos, e não apenas do poder público.

A questão da responsabilização e da transparência está no cerne das discussões sobre a democracia e dos riscos que ela corre, em especial no combate à corrupção. O envolvimento de mais atores em uma plataforma transparente, acessível e em associação a outras estratégias de descentralização dos processos decisórios, contribui para delimitar o alcance e a capacidade de ação de atores que visam sequestrar os processos públicos para fins privados, de maneira avessa ao pensamento republicano.

Não se pretende que o aplicativo em desenvolvimento substitua ou sobreponha-se a processos de participação e controle já estabelecidos. Ao contrário, espera-se que opere associado a eles, possibilitando o acréscimo de uma dimensão à participação e colaboração de não-técnicos em processos decisórios de intervenções públicas. Essa nova dimensão explorada nesta pesquisa aponta as potencialidades que o uso de modelos digitais e da capacidade computacional e de transmissão de informações contemporânea possuem para romper parte das barreiras encontradas nos processos participativos em projeto. Retomamos, assim, as dinâmicas adotadas por Lucien Kroll, combinando-as com a riqueza semântica própria a modelos BIM, e há potencial para a inclusão de mais atores nos processos decisórios de projeto, contribuindo com informações que, em outro cenário, poderiam perder-se ou ser incorporadas de maneira equivocadas. O uso do modelo BIM, neste cenário, confere maior fidelidade ao projeto em desenvolvimento pelos atores técnicos. Para além dos processos de projeto de obras públicas, objeto da pesquisa atual, vislumbra-se o potencial de uso do aplicativo em mutirões e movimentos de luta por moradia, possibilitando um envolvimento mais direto da comunidade em suas ações.

Por fim, espera-se que o processo de desenvolvimento deste aplicativo possa estimular o avanço de reflexões e pesquisas sobre questões como participação e colaboração, ampliando as possibilidades do uso do BIM como gerenciador de informação, em especial, na construção da informação por públicos mais amplos e variados, compartilhando entendimentos sobre processos de projeto e construção, e sobre demandas dos usuários e cidadãos.

REFERÊNCIAS

1. ASHRAE. An introduction to Building Information Modelling: a guide for ASHRAE members. Atlanta: ASHRAE, 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2LxsyOo>. Acesso em: 15 dez. 2018.
2. BATELI, Q. De l'architecture alternative: un questionnement sur le rôle de l'architecte dans le système de production et la démocratisation de l'acte de bâtir par Lucien Kroll. Bruxelas: Université Catholique de Louvain, 2015.
3. BOEYKENS, S. Bridging building information modeling and parametric design. In: 9th European Conference on Product & Process Modelling · ECPPM 2012, Reykjavik, Islândia. Proceedings... pp. 453–458. Reykjavik, 2012.
4. BRASIL, Decreto nº 9.377, de 17 de mai. de 2018. Brasília, DF, mai. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2rU6OmW>. Acesso em: 20 mai. 2018.
5. CASTELLS, M. Redes de indignação e esperança: movimentos sociais na era da Internet. Rio de Janeiro: Zahar, 2013. Disponível em: <http://bit.ly/2r2UzGf>. Acesso em: 15 dez. 2018.
6. DIAS, F. V. M.; BIM no Brasil: atores, tecnologia e questões. 2016. Iniciação Científica. (Graduando em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo USP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Orientador: Marcelo Tramontano.
7. EASTMAN, C; TEICHOLZ, P.; SACKS, R; LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Nova York: John Wiley and Sons, 2008.
8. ELEB, M., CHÂTELET, A-M., MANDOUL, T. Penser l'habité: le logement en questions. Bruxelas: Mardaga, 1988.
9. HARVEY, D. Rebel cities: from the right to the city to the urban revolution. Nova York/Londres: Verso, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/1WDrOte>. Acesso em: 15 dez. 2018.
10. IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA. Pesquisa nacional por amostra de domicílios. Rio de Janeiro: 2018.
11. KOLAREVIC, B. Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age. In: 21st ANNUAL CONFERENCE OF ACADIA. Anais... Buffalo: New York, p. 268-278, out. 2001.
12. KOPP, A. Quando o Moderno não era um estilo e sim uma causa. São Paulo: Nobel, 1990.
13. LINDEROTH, H. C. Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks. Automation in Construction, v. 19, n. 1, p. 66–72, 2010.
14. MANOVICH, L. Software takes command. Nova York/Londres: Bloomsbury Academic, 2013.
15. MANZIONE, L.; WYSE M.; SACKS R.; BERLO L.; MELHADO S. B. Key performance indicators to analyze and improve management of information flow in the BIM design process. In: CIB W78-W102 2011: International Conference, Sophia Antipolis, França, 2011. Proceedings... Sophia Antipolis: CIB, 2011.
16. MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS, BIM BR Construção Inteligente. Brasília, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2IZaIC9>. Acesso: 20 mai. 2018.
17. NBIMS. National BIM Standard - United States. Washington: National Institute of Building Sciences, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2LvcZ9K>. Acesso em: 15 dez. 2018.
18. MELHADO, S. B. Gestão, Cooperação e Integração para um Novo Modelo Voltado à Qualidade do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Tese (Livre-docência em Engenharia Civil) Universidade de São Paulo. São Paulo: EPUSP, 2001.
19. NOJIMOTO, C. Construindo diálogos: complexidade e emergência em processos de design. 2014. Tese (Doutorado em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. doi:10.11606/T.102.2016.tde-08032016-103306. Acesso em: 15 dez. 2018.
20. RIZEK, C. S.; BARROS, J;, BERGAMIM, M. A. A política de produção habitacional por mutirões autogeridos: construindo algumas questões. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 5, n. 1, p. 31-46, mai.

2003. Disponível em: https://rbeur.anpur.org.br/rbeur /article/download/86/70/ Acesso em: 21 set.2020.

21. SOUZA, C. Participatory budgeting in Brazilian cities: limits and possibilities in building democratic institutions. Environment & Urbanization, Londres, vol. 13 n. 1, p. 159-184, abr. 2001.
22. SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, Amsterdam, vol. 18, n. 3, p. 357–375, dez. 2009.
23. TRAMONTANO, M. Novos modos de vida, novos espaços de morar: Paris, São Paulo, Tokyo. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
24. TRAMONTANO, M.; SANTOS, D. M. (Org.) . Territórios Híbridos: ações culturais, espaço público e meios digitais. 1a.. ed. São Carlos: Instituto de Arquitetura e Urbanismo USP, 2013.
25. WONG, A.K.D.; WONG, F.K.W. &NADEEM,A. Comparative roles of major stakeholders for the implementation of BIM in various countries. In: International Conference on Changing Roles: New Roles, New Challenges, Noordwijk Aan Zee, The Netherlands. Proceedings... Noordwijk Aan Zee, 2009.