



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB  
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO - PPGAU

ANTONIO GONÇALVES DE FARIAS JÚNIOR

PROTÓTIPO PARA CONSULTA PARAMÉTRICA AOS ÍNDICES URBANÍSTICOS  
COM SUPORTE NAS TECNOLOGIAS BIM E GIS: O CASO DA CIDADE DE JOÃO  
PESSOA

JOÃO PESSOA  
2019

ANTONIO GONÇALVES DE FARIAS JÚNIOR

PROTÓTIPO PARA CONSULTA PARAMÉTRICA AOS ÍNDICES URBANÍSTICOS  
COM SUPORTE NAS TECNOLOGIAS BIM E GIS: O CASO DA CIDADE DE JOÃO  
PESSOA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba como requisito necessário para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo

Linha de pesquisa: Projeto do Edifício e da cidade

Orientador: Prof. PhD. Carlos Alejandro Nome

JOÃO PESSOA  
2019

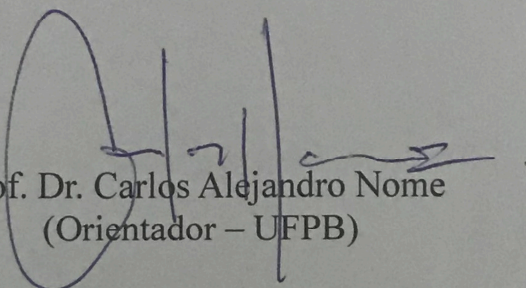


Protótipo para consulta paramétrica aos índices urbanísticos Com suporte em BIM EGIS: o caso da cidade de João Pessoa

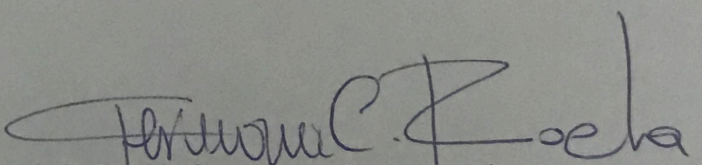
Por

Antonio Gonçalves de Farias Júnior

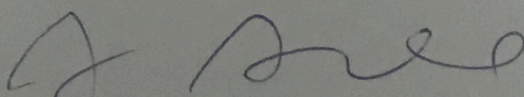
Dissertação aprovada em 08 de agosto de 2019



Prof. Dr. Carlos Alejandro Nome  
(Orientador – UFPB)



Prof.(a) Dr.(a) Germana Costa Rocha  
(Membro Interno – UFPB)



Prof. Dr. Max Lira Veras Xavier de Andrade  
(Membro Externo – UFPB)

João Pessoa-PB - 2019

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Carlos Alejandro Nome que sempre me apoiou durante todo o período de desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus familiares e parentes com seu incentivo permanente aos meus estudos.

Aos colegas de trabalho do Instituto Federal da Paraíba – IFPB, campus Cajazeiras e Princesa Isabel pelos vários momentos em que me deram suporte para gerenciar as minhas atividades da docência.

Aos colaboradores que surgiram ao longo da pesquisa e foram determinantes durante o percurso.

E em especial a Marjorie, Maria, Bento e Nanquim pelo apoio incondicional mesmo nos momentos mais difíceis que enfrentei durante essa trajetória.

“O universo não tem obrigação de fazer sentido para você.”  
Neil deGrasse Tyson

## RESUMO

A escolha de um terreno para o desenvolvimento de um projeto arquitetônico situado num espaço urbano poderá passar pela consulta a um conjunto de diferentes leis para que se possa compreender quais dos aspectos descritos nesses documentos interferirão no projeto. Por se tratar essencialmente de textos legislativos, seus conteúdos são acessados individualmente em consultas manuais. Apesar de haver municípios que disponibilizam alguns bancos de dados digitalmente, não há uma integração entre eles de modo que seja possível haver uma otimização da sua consulta. Têm-se ampliado os estudos que direcionam esforços na criação de sistemas com verificações automáticas em busca de uma diminuição do tempo dessas tarefas e consistência nos resultados encontrados. Surgiu, assim, a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) como um sistema parametrizável capaz de armazenar uma estrutura de dados de informações do edifício, e a tecnologia *Geographic Information System* (GIS) para suporte a banco de dados de mapas cartográficos. Delimitado o objeto de estudo ao processo de consulta aos índices urbanísticos do Código de Urbanismo da cidade de João Pessoa, essa pesquisa se propõe ao desenvolvimento de um protótipo de um sistema capaz de gerar consultas automáticas a partir da localização de terrenos em ambiente GIS/Web e cálculo de estimativa do potencial construtivo em ambiente BIM, a partir da topografia planimétrica de terrenos com geometria poligonal convexa. A metodologia teve como coleta de dados uma análise documental ao código de urbanismo para descrever seu processo de consulta atual – seguido de observações sistemáticas para propor um modelo paramétrico – e a aplicação de um questionário para sua validação com a participação de estudantes de arquitetura matriculados em disciplinas de projeto. Os resultados apresentaram diferenças entre as tecnologias GIS e BIM quanto à capacidade de otimização do tempo de consulta utilizando o protótipo e a consistência na entrega de resultados. Apesar das limitações encontradas na sua implantação, as tecnologias apontaram diversas potencialidades quanto às ferramentas de suporte na tomada de decisões projetuais a partir da visualização e compreensão das restrições construtivas em seus ambientes digitais propostos.

Palavras-chave: BIM. GIS. Verificação automática. Índices urbanísticos.

## ABSTRACT

The choice of land for the development of an architectural project located in an urban space may require consulting a set of different laws to understand which aspects described in these documents will interfere with the project. Because they are essentially legislative texts, their contents are accessed individually in manual consultations. However, although there are already municipalities that make some databases available digitally, there is no integration between them allowing an optimization of your query. Studies that focus efforts on the creation of systems with automatic checks in search of a reduction of the time of these tasks and consistency in the results have been expanded. Thus, Building Information Modeling (BIM) technology emerges as a configurable system capable of storing a building information data structure, and Geographic Information System (GIS) technology for cartographic map database support. Delimited the object of study to the process of consultation of the urbanistic indexes of the Urbanism Code of the city of João Pessoa, this research proposes the development of a prototype of a system capable of generating automatic queries from the land location in GIS / Web environment. and calculation of constructive potential estimation in BIM environment, from the planimetric topography of convex polygonal terrain. The methodology had as data collection a documentary analysis to the urbanism code to describe its current consultation process, followed by systematic observations to propose a parametric model, and the application of a questionnaire for its validation with the participation of architecture students enrolled in project disciplines. The results showed differences between GIS and BIM technologies regarding the query time optimization capacity using the prototype and consistency in the delivery of results. Despite the limitations found in their implementation, the technologies pointed out several potentialities regarding the support tools in the design decision making from the visualization and understanding of the constructive constraints in their proposed digital environments.

Keywords: BIM. GIS. Rule checking system. Zoning code.



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 01 - A maquininha: marcou a remarcação de preços no final da década de 80.....                   | 12  |
| Figura 02 - Ranking de uso do BIM.....                                                                  | 19  |
| Figura 03 - Esquema básico de retroalimentação de Bertalanffy .....                                     | 22  |
| Figura 04 - Representação do ambiente de sistemas .....                                                 | 22  |
| Figura 05 - Representação para sistema de verificação automática com suporte em BIM.....                | 23  |
| Figura 06 - Tabelas de Zoneamento da cidade Nova York .....                                             | 33  |
| Figura 07 - Anexo do Código de urbanismo existente no Decreto nº5.285/05 .....                          | 34  |
| Figura 08 - Sistema e-SIG da prefeitura de Recife/PE .....                                              | 36  |
| Figura 09 - Sistema <i>Jampa em mapas</i> da cidade de João Pessoa .....                                | 37  |
| Figura 10 - Interface integrada com mapa temático .....                                                 | 38  |
| Figura 11 - Fluxo das etapas dos procedimentos metodológicos da pesquisa .....                          | 41  |
| Figura 12 - Tela do recurso de Family types do software Revit arquitetura.....                          | 48  |
| Figura 13 - Estrutura de coleta de dados do questionário.....                                           | 51  |
| Figura 13 - Configuração espacial dos terrenos .....                                                    | 53  |
| Figura 14 - Subprocesso - Mensuração do tempo .....                                                     | 56  |
| Figura 15 - Modelo de Processos – Protocolo de testes .....                                             | 58  |
| Figura 16 - Consulta Presencial a PMJP .....                                                            | 60  |
| Figura 17 - Interface Jampa maps - Setores .....                                                        | 64  |
| Figura 18 - Descrição do processo de consulta ao código para cálculo de índices.....                    | 66  |
| Figura 19 - Processo de consulta manual para cálculo dos índices urbanísticos .....                     | 70  |
| Figura 20 - Processo de consulta manual ao zoneamento urbano .....                                      | 71  |
| Figura 21 - Fluxograma do protótipo para o sistema proposto para o estudo piloto .....                  | 73  |
| Figura 22 - Estudo piloto – modelagem no ambiente webGIS.....                                           | 76  |
| Figura 23 - Regra de validação - Identificação de uma Zona urbana .....                                 | 76  |
| Figura 24 - Ilustração da transição do processo de análise manual para uma verificação automática ..... | 77  |
| Figura 25 - Quadras com mais de uma zona urbana.....                                                    | 78  |
| Figura 26 - aplicação de pontos adaptivos e restrições de parâmetros .....                              | 80  |
| Figura 28 - configurações espaciais de terreno.....                                                     | 84  |
| Figura 29 - Ontologia de nomes e propriedades desenvolvida para o sistema webGIS .....                  | 89  |
| Figura 30 - busca pelo endereço através da API do google maps .....                                     | 90  |
| Figura 31 - Estrutura de dados das lookup tables .....                                                  | 91  |
| Figura 31- Derivação de modelos de vistas – dividas e afastamentos .....                                | 95  |
| Figura 32 - Parâmetros de afastamento .....                                                             | 96  |
| Figura 33 - Suporte para vistas do modelo no ambiente GIS na web.....                                   | 98  |
| Figura 34 - Modelo de processo - GIS .....                                                              | 100 |
| Figura 35 - Modelo de Processo - BIM .....                                                              | 101 |
| Figura 36 - Mapa de zoneamento - bairro Manaíra .....                                                   | 143 |

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 1 - Influência do BIM na produção do projeto .....                                           | 14  |
| Gráfico 2 - Manual x Paramétrica –Alteração da duração do tempo para localização de zona urbana .... | 108 |
| Gráfico 3 - Manual x Paramétrica - Alteração da duração do tempo para cálculo de áreas .....         | 109 |
| Gráfico 4 - Consulta Manual – obtenção de informações .....                                          | 110 |
| Gráfico 5 - Consulta paramétrica - Obtenção de informações.....                                      | 111 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 01: Quadro resumo de estudos de parametrização de códigos urbanos .....        | 28  |
| Tabela 02: Trecho da tabela de zoneamento do código de urbanismo de João Pessoa ..... | 32  |
| Tabela 03: Estrutura de coleta de dados .....                                         | 44  |
| Tabela 04: Coleta de dados do desenvolvimento do protótipo .....                      | 46  |
| Tabela 05: Universo de participantes .....                                            | 50  |
| Tabela 06: Característica das etapas do experimento de validação .....                | 53  |
| Tabela 07: Estrutura de coleta de dados do protocolo de testes .....                  | 54  |
| Tabela 08: Quantitativo de palavras-chave por artigo .....                            | 62  |
| Tabela 09: Caracterização do processo de consulta ao uso e ocupação do solo .....     | 65  |
| Tabela 10: Caracterização do processo de consulta para cálculo de áreas .....         | 67  |
| Tabela 11: Análise do desenvolvimento do estudo piloto .....                          | 74  |
| Tabela 12: Regra de validação – zoneamento urbano .....                               | 75  |
| Tabela 13: Classificação da estrutura de dados da tabela de zoneamento .....          | 79  |
| Tabela 14: Estudo piloto: estrutura de teste para execução de regras.....             | 82  |
| Tabela 15: Etapa de refinamento e seus atributos .....                                | 87  |
| Tabela 16: Classificação dos afastamentos .....                                       | 92  |
| Tabela 17: Equivalência de termos.....                                                | 92  |
| Tabela 18: Resumo do período de coleta de dados.....                                  | 102 |
| Tabela 19: Usuários Revit x Duração da coleta de dados.....                           | 103 |
| Tabela 20: Resumo de coleta por faculdade.....                                        | 104 |
| Tabela 21: Triagem de dados .....                                                     | 104 |
| Tabela 22: Duração média das tarefas por etapa .....                                  | 105 |
| Tabela 23: Consulta Manual - Localizar Zona urbana .....                              | 106 |
| Tabela 24: Consulta Paramétrica - Localizar Zona Urbana.....                          | 106 |
| Tabela 25: Consulta Manual - Cálculo de áreas .....                                   | 107 |
| Tabela 26: Consulta Paramétrica - Cálculo de Áreas .....                              | 107 |
| Tabela 27: Lista de pré-cadastro.....                                                 | 121 |
| Tabela 28: Tabela de Zoneamento – Zona residencial – ZR1 .....                        | 140 |
| Tabela 29: Tabela de Zoneamento – Zona Axial Tambaú.....                              | 141 |
| Tabela 30: Tabela de Zoneamento – Zona Turística 2 .....                              | 142 |



## SUMÁRIO

|            |                                                                |           |
|------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                        | <b>12</b> |
| <b>1.1</b> | <b>Objetivo geral .....</b>                                    | <b>16</b> |
| <b>1.2</b> | <b>Objetivos específicos .....</b>                             | <b>16</b> |
| <b>1.3</b> | <b>Justificativa .....</b>                                     | <b>16</b> |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                               | <b>21</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Teoria dos sistemas e a tecnologia BIM .....</b>            | <b>21</b> |
| <b>2.2</b> | <b>O BIM e a validação de regras .....</b>                     | <b>25</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Modelo paramétrico de zoneamentos urbanos .....</b>         | <b>27</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Sistemas GIS e integrações ao ambiente WEB .....</b>        | <b>34</b> |
| <b>3</b>   | <b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>                       | <b>40</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Coleta de dados .....</b>                                   | <b>42</b> |
| 3.1.1      | Análise documental .....                                       | 42        |
| 3.1.2      | Observações sistemáticas .....                                 | 44        |
| 3.1.3      | Questionário online .....                                      | 48        |
| <b>4</b>   | <b>ANÁLISE E DISCUSSÕES DE RESULTADOS .....</b>                | <b>59</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Processo de consulta atual ao código de urbanismo .....</b> | <b>59</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Modelo paramétrico do protótipo .....</b>                   | <b>71</b> |
| 4.2.1      | Estudo piloto .....                                            | 72        |
| 4.2.1.1    | <i>Ambiente webGIS: localização de zona urbana .....</i>       | <i>73</i> |
| 4.2.1.2    | <i>Ambiente BIM: Cálculo de áreas estimadas .....</i>          | <i>78</i> |
| 4.2.1.3    | <i>Interoperabilidade entre os sistemas GIS e BIM .....</i>    | <i>83</i> |
| 4.2.2      | Refinamento do protótipo .....                                 | 84        |
| 4.2.2.1    | <i>Interpretação das regras .....</i>                          | <i>87</i> |
| 4.2.2.2    | <i>Preparação do modelo do edifício .....</i>                  | <i>92</i> |

|            |                                                                                |            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.2.3    | <i>Execução de regras</i> .....                                                | 94         |
| 4.2.2.4    | <i>Reportar os resultados da checagem</i> .....                                | 96         |
| <b>4.3</b> | <b>Validação do Protótipo</b> .....                                            | <b>100</b> |
| 4.3.1      | Análise dos dados.....                                                         | 103        |
| <b>5</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E DISCUSSÕES</b> .....                                 | <b>111</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Direcionamento futuros</b> .....                                            | <b>113</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                                       | <b>116</b> |
|            | <b>APÊNDICE A -Lista de pré-cadastro de participantes</b> .....                | <b>119</b> |
|            | <b>APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO</b> .....                               | <b>120</b> |
|            | <b>APENDICE C - BANCO DE DADOS DA TABELA DE PESQUISA DO AMBIENTE BIM</b> ..... | <b>121</b> |
|            | <b>APÊNDICE D - FÓRMULA CONDICIONAL PARA DERIVAÇÃO DOS AFASTAMENTOS</b> .....  | <b>129</b> |
|            | <b>APÊNDICE E - FORMULÁRIO ENVIADO AOS PARTICIPANTES</b> .....                 | <b>131</b> |
|            | <b>ANEXO A - TABELA DE ZONEAMENTO – ZONA RESIDENCIAL – ZR1</b> .....           | <b>144</b> |
|            | <b>ANEXO B - TABELA DE ZONEAMENTO – ZONA AXIAL TAMBAÚ</b> ....                 | <b>145</b> |
|            | <b>ANEXO C - TABELA DE ZONEAMENTO – ZONA TURÍSTICA 2</b> .....                 | <b>146</b> |
|            | <b>ANEXO D - MAPA DE ZONEAMENTO - BAIRRO MANÁIRA</b> .....                     | <b>147</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Há tempos que se busca melhorias nos meios de produção de serviços e produtos da construção civil com vistas a automatizar processos e aprimorar os diferentes cenários em que atua. Desta maneira, esse setor visa tornar-se produtivo e dinâmico de modo a construir soluções que promovam consistência e levem à diminuição de tempo para a efetivação de seus processos. É o caso de quando se quer avaliar os potenciais advindos das aplicações de indicadores urbanísticos a um dado terreno e busca-se encontrar caminhos que apresentem processos eficazes e eficientes.

Um exemplo paralelo a essa questão foi o que aconteceu no final da década de 80 no Brasil decorrente do reajuste de preços causado pela inflação. Este cenário obrigava os comerciantes a remarcar os preços dos seus produtos continuamente. Os supermercados eram um caos, esta tarefa contínua fazia com que funcionários trabalhassem em meio aos clientes numa correria desenfreada. Para otimizar a execução dessa atividade e diminuir os erros nos preços dos produtos, foi desenvolvida “a maquininha” de remarcação de preço (Figura 01). Ela era parametrizável para qualquer valor monetário que fosse necessário registrar no produto através de uma série de pequenas roldanas que trazia, em sua superfície, uma sequência de números de 0 a 9 impressos em alto relevo. Com isso, mudava-se rapidamente o valor a ser impresso e seguia registrando novos produtos garantindo, assim, a agilidade da remarcação.

Figura 01 - A "maquininha": marcou a remarcação de preços no final da década de 80.



Fonte: Google imagens

Esse exemplo permite estabelecer uma reflexão sobre quais seriam os caminhos a serem adotados para otimizar os processos existentes durante a consulta aos potenciais construtivos de um terreno urbano através dos índices urbanísticos predefinidos pelos documentos legais das cidades. Especificamente, é de interesse da pesquisa, o caso do Código de Urbanismo da cidade de João Pessoa que disponibiliza indicadores urbanísticos por meio de uma série de informações embutidas em regras descritas pelos seus textos, gráficos e tabelas. Autores como Netto e Saboya (2010) questionam a estrutura dessas regras consideradas tradicionais.

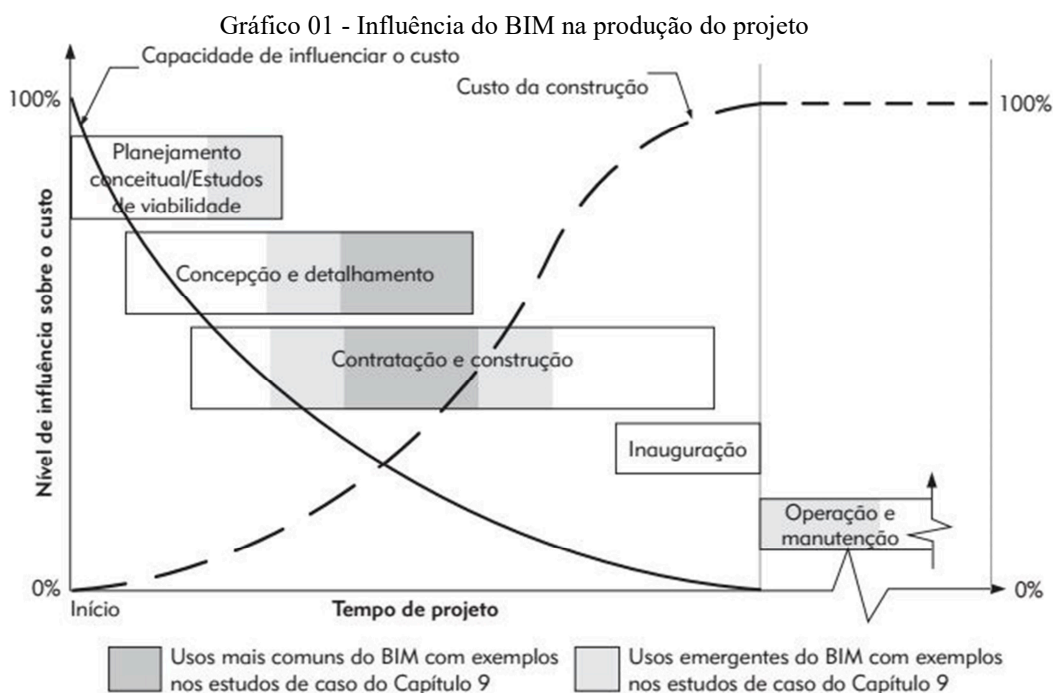
Os parâmetros urbanísticos tradicionalmente definidos por regras atuais de ocupação urbana são limitados no que diz respeito à *composição dos espaços urbanos*, às relações de interação entre a forma construída e espaços abertos, à noção de conjunto formal, à leitura do espaço e a uma série de outros aspectos importantes sob o ponto de vista do desenho urbano. Diante dessas limitações, torna-se importante buscar instrumentos com maior elaboração tanto de suas bases teóricas quanto de sua aplicabilidade em relação à difícil gerência formal da complexidade urbana. (NETTO; SABOYA, 2010)

O espaço urbano surge, assim, ao apresentar uma série de requisitos através dos seus instrumentos legais, os quais prescreverão essas regras para a aprovação de um edifício proposto para um dado terreno, de modo que essas informações são necessárias para o desenvolvimento de um projeto de arquitetura já nas primeiras etapas de sua elaboração. Logo, a busca por processos que contemplem verificações automáticas na análise e interpretação desses índices urbanísticos através da implementação de tecnologia possibilitará resultados mais consistentes.

Em vários dos estudos consultados, constatou-se o uso da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem de Informações da Construção, de processos, diretrizes e normatizações que permitem a gestão de informações do projeto arquitetônico. Esse sistema de informações permitiu avanços para o desenvolvimento de sistemas de verificação automática de regras e para a interoperabilidade das informações do projeto entre vários sistemas. Assim mantendo-se como um modelo de representação de dados neutro para descrever um edifício e habilitar essas verificações (EASTMAN et al, 2009).

A implementação do BIM já nas primeiras etapas de desenvolvimento do projeto pode representar avanços para a tomada de decisões mais consistentes e em menor tempo e custo de produção (EASTMAN et al, 2014, p. 99). Isso é demonstrado pelo Gráfico 01, que mostra que a capacidade de influência do BIM sobre o custo construção e operação pode ser maior nos estágios iniciais do projeto. Os autores reconhecem que atualmente os maiores esforços de uso

estão concentrados nas últimas fases de concepção, detalhamento e fases iniciais de construção. Postulam, ainda, que em função do processo de implantação gradual de tecnologias BIM, a checagem de códigos poderá ser feita nos primeiros momentos do projeto. Tais verificações automáticas conviverão com verificações manuais, coexistindo por vários anos, tal qual o lápis “pendurado na orelha” dos funcionários do supermercado da década de 80 (Figura 01). É destacado ainda que o desenvolvimento dos ambientes para processamento de regras ainda estão nos seus estágios iniciais e sendo assim um campo que ainda merece significativa atenção para atingir maturidade (EASTMAN et al, 2009, p. 1015). Ao voltar o olhar para a cidade João Pessoa, dentre todos os documentos que, junto ao plano diretor da cidade, apresentam as regras para a produção do seu espaço urbano, o instrumento legal que contém as informações necessárias para produção desses modelos, é o código de urbanismo e o código de obras. Nele serão encontrados os índices urbanísticos atribuídos a cada zona urbana da cidade que servirão como base de dados para a produção de um modelo de massas de um estudo de viabilidade de um projeto para um determinado terreno urbano.



Fonte : Eastman et al. (2014)

Os processos metodológicos adotados na pesquisa caracterizaram o processo que envolve essa atividade identificando 2 momentos distintos: a consulta aos mapas cartográficos e as tabelas das zonas urbanas. Em algumas prefeituras do Brasil, já ocorre a disponibilização dos mapas cartográficos através da tecnologia *Geographic Information System* (GIS) ou

Sistema de Informações Geográficas (SIG).

No caso das tabelas de zoneamento e índices urbanísticos, não foi encontrada, nas prefeituras pesquisadas no Brasil, a disponibilização de aplicações com tecnologia associada a ferramentas de visualização das massas geométricas. Segundo Eastman et al (2009), o caso da prefeitura de Cingapura é, sem dúvida, o mais avançado exemplo de implantação de processo de verificações automáticas de regras para a aprovação do projeto legal de arquitetura. Através de um serviço de comunicação *online* o projeto denominado *e-Corenet* possui um sistema de análise do projeto de arquitetura com a submissão dos arquivos BIM. Um guia de instruções é disponibilizado junto com os arquivos *templates*<sup>1</sup> BIM para que o arquiteto produza as informações de acordo com a necessidade de análise de dados do sistema. Sendo assim, o BIM se apresenta com uma tecnologia de estruturação de dados apropriada para o tipo de análise que se pretende investigar. Tais experiências fazem parte do referencial teórico desta pesquisa para fundamentar a discussão da implementação dessa tecnologia em processos de consulta a legislações de códigos urbanos.

Segundo Eastman et al (2009, p. 1.012), as ferramentas baseadas em checagem de regras poderão ser utilizadas em diferentes formatos de acordo com a necessidade de uso. Elas poderiam estar disponíveis como plug-ins, tanto quanto em aplicação *stand-alone*<sup>2</sup> que possam rodar diretamente em computadores com software proprietário ou *open-source*<sup>3</sup>, e em aplicações *web-based*<sup>4</sup> que poderiam receber projeto de diversas fontes.

Um ponto a ser investigado quanto às ferramentas citadas é afeta à capacidade de se adaptarem às diferentes geometrias dos terrenos urbanos, pois, sendo a cidade um espaço heterogêneo, serão encontrados diferentes tamanhos e formas de terrenos. Dentro das limitações que todo e qualquer sistema de informações possui, a pesquisa encontra, no ambiente BIM do software Revit®, recursos para produzir modelos adaptivos que permitirão atender a um número significativo de geometrias dentro de um espaço urbano.

O uso da tecnologia BIM já está sendo aceita como sendo uma boa prática a ser adotada por escritórios de arquitetura. Segundo descrição do guia publicado pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura – ASBEA sobre um dos produtos do escritório de arquitetura, “o modelo BIM é o produto fundamental do processo. Ao longo das fases de desenvolvimento do projeto, todas as informações das diferentes disciplinas são compartilhadas através de seus modelos” (ADDOR et al, 2013). Dentre os produtos descritos

---

<sup>1</sup> É um modelo, uma estrutura padrão de dados organizadas para serem reutilizadas.

<sup>2</sup> Programas que não necessitam de um software auxiliar para seu funcionamento.

<sup>3</sup> Trata-se de softwares de códigos abertos podendo ser acessados e customizados.

<sup>4</sup> Sistemas que são desenvolvidos para funcionar integralmente via internet.

pelo guia como resultantes do modelo BIM, um deles é denominado como Modelo de Massas, o qual seria destinado à análise de potencial construtivo.

Os modelos percorrem o ciclo de produção do projeto até a entrega final para proprietários e incorporadores, podendo ser acompanhados de documentos em formato de relatórios com tabelas de dados e perspectivas da geometria em estudo. O segundo fascículo do Guia da ASBEA – que trata do Fluxo de projetos em BIM – mapeia o processo de produção e conclui que o Estudo de viabilidade deve ser a primeira etapa desse processo, segundo o qual seria produzido um “modelo 3D de massas contendo as informações legais e dimensões do terreno, requisitos de projeto, e tem como produto final um estudo de massas consolidado”(ADDOR et al, 2015, p. 13).

Diante do exposto, podemos questionar: quais as características necessárias para se obter o desenvolvimento de um protótipo parametrizável que possa representar um sistema de informações que dê suporte à visualização de um modelo de massas em conformidade com a legislação urbana de uma cidade com suporte no BIM e GIS? Esse protótipo conseguiria entregar informações de forma mais consistente e em menos tempo em relação aos métodos atuais?

## **1.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um protótipo de um sistema para a consulta aos índices urbanísticos do Código de urbanismo de João Pessoa com suporte nas tecnologias BIM e GIS.

## **1.2 Objetivos específicos**

- a) Descrever o processo de consulta atual ao código de urbanismo de João Pessoa;
- b) Propor um protótipo de modelo paramétrico para consultas com suporte nas tecnologias BIM e GIS;
- c) Validar o uso do protótipo desenvolvido.

## **1.3 Justificativa**

Na prática, o uso do BIM promove uma mudança no sistema que envolve a produção do projeto como um todo, ou seja, desde a entrada de informações, seu processamento e saída de dados. O conceito de sistemas será discutido a fim de ampliar o campo de observação para uma compreensão das características que deverão existir no projeto do protótipo que se deseja

construir dentro de uma abordagem sistêmica para buscar uma maior clareza do formato em que essa tecnologia poderá fazer parte desse processo.

Nas prefeituras municipais, a solicitação para a aprovação de novas construções vem sendo cada vez maior. Um fator que contribuiu para o aumento da demanda de serviço das prefeituras nos últimos anos foi a criação do programa Minha Casa Minha Vida que, só no triênio de 2009/2011, tinha como meta incentivar a produção e compra de um milhão de moradias, segundo Rolnik (2010), em cartilha desenvolvida para o Ministério das Cidades. Baldauf, Formoso e Miron (2013) destacam que o programa, além de diminuir o déficit habitacional, deve-se ficar atento à qualidade do projeto para se conceder benefícios reais ao usuário final. A automação de processos de análise de informações de um projeto arquitetônico poderá se tornar uma alternativa para reduzir o tempo envolvido nessas atividades, tanto quanto dar mais consistência aos relatórios gerados.

No contexto da produção do projeto arquitetônico, Eastman et al (2009) diz que, a longo prazo, serão requeridos métodos de validação de regras codificadas e a validade e consistência da modelagem de informações do edifício. Solihin e Eastman (2015) define que cada sistema já poderia ser aplicado imediatamente numa ampla base na indústria da construção civil.

Os pesquisadores Dimyadi e Amor (2013) acreditam que uma vez implantado um sistema de informações, um simples *update* atualizaria as informações referentes aos novos parâmetros das regras. Sendo assim, num sistema criado para interpretar regras automaticamente, não haverá margem para pensar o que “talvez” a regra ou lei queria dizer, pois, ao automatizar o uso dessa informação através de sistemas baseados em linguagem computacional, será interpretado o que o sistema deve ou não deve fazer. Portanto, a depender do grau de subjetividade da norma e dos seus artigos, ela poderá não ser passível de interpretação pois elas não foram escritas para ser utilizadas dessa forma. Diante desse desafio, alguns autores apresentam diretrizes e estudos de casos que orientam um processo de classificação dessas regras de acordo com o grau de interpretação que pode ser dado aos textos escritos de modo que possam ser transformados em linguagem computacional.

Nessa direção, o uso do BIM e do GIS se alinha a um conceito recém formulado que é o das *Smartcities* (ou “cidades inteligentes”) onde se vê a aplicação de tecnologias em ambientes web transformando informações estáticas das suas páginas na internet em portais mais amigáveis ao usuário dando suporte à interação das pessoas com a municipalidade para resolver questões do cotidiano de áreas urbanas altamente adensadas (CITIES, [s.d.]).

Um exemplo: são os gestores públicos que democratizam o acesso a bancos de dados das prefeituras uma vez que disponibilizam essas informações a qualquer cidadão fazendo



com que possam participar ativamente do processo de planejamento das cidades. Gama, Alvaro e Peixoto (2012) afirmam que se trata de uma estratégia eficiente para tomadas de decisão para a governança ou a população em geral através da coleta, processamento ou análise dessas informações onde esses dados podem ter suporte em sistemas de informação com dados nas nuvens e tendo seu alcance ampliado através de *smartphones* e *tablets*. Observando os dados da prefeitura de João Pessoa, pode-se dizer que alguns já se encontram disponíveis na internet, inclusive os que prescrevem a espacialização do projeto arquitetônico. O desenvolvimento de pesquisas é imprescindível para que se possa explorar as possibilidades de uso dessas informações a fim de tornar os caminhos existentes para consulta mais eficientes aos olhos da população.

Quanto à frequência de uso e benefícios gerados pela adoção do BIM, podemos ver, na tabela 01, o levantamento desenvolvido por Kreider, Messner e Dubler (2010), onde foram classificadas 25 categorias de adoção dentre as quais uma que se chama *Code Validation*, ou validação de regras/normas, que está diretamente ligada ao nosso objeto de estudo.

No ranking apresentado, o *Code Validation* está com 19% e na 19ª posição tanto na frequência de uso quanto no benefício gerado nesse campo de aplicação, respectivamente, sendo possível constatar a partir desse estudo que mesmo não sendo uma das maiores aplicações, como a *3D Coordination e Design Reviews*, há uma percepção equilibrada entre os que usam para essa aplicação (*frequency*) e os benefícios (*benefits*) adquiridos a partir de sua implantação.

Figura 02 - Ranking de uso do BIM

| BIM USE                         | Frequency | Rank    | Benefit  | Rank    |
|---------------------------------|-----------|---------|----------|---------|
|                                 | %         | 1 to 25 | -2 to +2 | 1 to 25 |
| 3D Coordination                 | 60%       | 1       | 1.60     | 1       |
| Design Reviews                  | 54%       | 2       | 1.37     | 2       |
| Design Authoring                | 42%       | 3       | 1.03     | 7       |
| Construction System Design      | 37%       | 4       | 1.09     | 6       |
| Existing Conditions Modeling    | 35%       | 5       | 1.16     | 3       |
| 3D Control and Planning         | 34%       | 6       | 1.10     | 5       |
| Programming                     | 31%       | 7       | 0.97     | 9       |
| Phase Planning (4D Modeling)    | 30%       | 8       | 1.15     | 4       |
| Record Modeling                 | 28%       | 9       | 0.89     | 14      |
| Site Utilization Planning       | 28%       | 10      | 0.99     | 8       |
| Site Analysis                   | 28%       | 11      | 0.85     | 17      |
| Structural Analysis             | 27%       | 12      | 0.92     | 13      |
| Energy Analysis                 | 25%       | 13      | 0.92     | 11      |
| Cost Estimation                 | 25%       | 14      | 0.92     | 12      |
| Sustainability LEED Evaluation  | 23%       | 15      | 0.93     | 10      |
| Building System Analysis        | 22%       | 16      | 0.86     | 16      |
| Space Management / Tracking     | 21%       | 17      | 0.78     | 18      |
| Mechanical Analysis             | 21%       | 18      | 0.67     | 21      |
| Code Validation                 | 19%       | 19      | 0.77     | 19      |
| Lighting Analysis               | 17%       | 20      | 0.73     | 20      |
| Other Eng. Analysis             | 15%       | 21      | 0.59     | 22      |
| Digital Fabrication             | 14%       | 22      | 0.89     | 15      |
| Asset Management                | 10%       | 23      | 0.47     | 23      |
| Building Maintenance Scheduling | 5%        | 24      | 0.42     | 24      |
| Disaster Planning               | 4%        | 25      | 0.26     | 25      |

Fonte: Kreider; Messner; Dubler (2010).

Dentre as áreas de pesquisa científicas da arquitetura e urbanismo, a de Projeto, Representação gráfica e Modelagem não ocupa grande espaço dentro dos programas de pós-graduação no Brasil. Recentemente, essas áreas estão emergindo em função da adoção de tecnologias da informação permitindo um aprofundamento da relação entre projeto e construção, viabilizando análises quantitativas do desempenho estrutural, acústico, lumínico, dentre outras áreas (TURKIENICZ; LINDEN, 2009).

Nesse contexto, o Laboratório de Modelos e Prototipagem (LM + P) é o espaço adequado para o desenvolvimento desta pesquisa, visto que tem como objetivo a pesquisa aplicada a questões projetuais intermediadas pelo uso de tecnologias computacionais. São considerados, no escopo de pesquisas do LM+P, processos de concepção, representação gráfica e entrega do produto arquitetônico. Nesse ponto, a Linha de pesquisa 02 – Projeto do Edifício e da cidade do PPGAU – é a mais apropriada para esta pesquisa, visto que entende a legislação de uma cidade e a influência dela sobre o processo de produção do projeto de arquitetura é também compreender a produção de uma arquitetura de qualidade.

Um sistema de verificação automática poderá integrar informações permitindo a organização de diferentes bancos de dados como os mapas das zonas urbanas, cláusulas do

plano diretor, código de urbanismo, código de obras num único sistema, que compõe um grupo de documentos disponibilidades para consulta separadamente.

Dessa forma, a estrutura da dissertação apresentará inicialmente a construção do seu referencial teórico que estará dividido em quatro eixos: a teoria dos sistemas e sua correlação com o BIM, sistemas de verificação de regras, os modelos paramétricos de zoneamento urbano e os sistemas GIS e suas aplicações em ambiente web. Na sequência, serão apresentados os procedimentos metodológicos para a coleta e análise de dados. As etapas da coleta de dados foram divididas com base nos três objetivos específicos apresentados, sendo o primeiro uma pesquisa descrita realizada com técnicas de análise documental para caracterizar o processo de consulta atual ao código de urbanismo. A partir dessa coleta, inicia-se uma pesquisa experimental para propor um modelo paramétrico com suporte nas tecnologias BIM e GIS e, por último, a aplicação de um questionário para validar o uso do protótipo. A análise dos resultados será apresentada com tabulação de dados e construção de diagramas dos processos identificados e análise estatística das respostas do questionário.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Teoria dos sistemas e a tecnologia BIM

Para compreender um sistema de verificação automática de regras que será a base do desenvolvimento da estrutura do protótipo da pesquisa dentro de uma abordagem sistêmica, buscou-se amparo na Teoria Geral dos Sistemas (TGS) que teve sua enunciação no século passado através do biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy, mas que ainda define muitas aplicações contemporâneas.

A TGS surgiu pela necessidade de se buscar novas orientações para a ciência. Essa necessidade, por sua vez, apontou para a fragmentação da visão mecanicista como uma dificuldade para a compreensão dos problemas colocados pela complexidade do mundo moderno. Ou seja, a análise por meio das séries causais isoláveis e o tratamento por partes se mostraram insuficientes para atender aos problemas teóricos, notadamente nas ciências biossociais e aos problemas trazidos através da tecnologia moderna. (LOPES; SILVA; GOURLART, 2015 apud BERTALANFFY, 2008)

Apesar de suas deduções iniciais se dar no campo da biologia, mais tarde várias ciências naturais e aplicadas apoiar-se-iam no seu conceito para estruturar a organização das informações dos seus sistemas.

Há uma porção de novos desenvolvimentos destinados a enfrentar as necessidades de uma teoria geral dos sistemas [...] mesmo que a teoria dos sistemas, num sentido mais amplo, tenha caráter de ciência básica, existem uma correlação na ciência aplicada [...]este domínio está intimamente ligado à automação moderna. (BERTALANFFY, 2007)

Dentre esses novos desenvolvimentos citados o que chama atenção para nossa temática é o da cibernética que se baseia no princípio da retroalimentação, visto na Figura 02, que apresenta seu modelo básico de sistema, onde vemos um processo circular reiniciado após a etapa final de saída, a “Respuesta” gerando informações (ex.: relatórios) correspondente aos dados de entrada, “Estímulos”, fazendo com que o sistema se autorregule – seja para manter a meta desejada ou para modificar as variáveis de entrada.

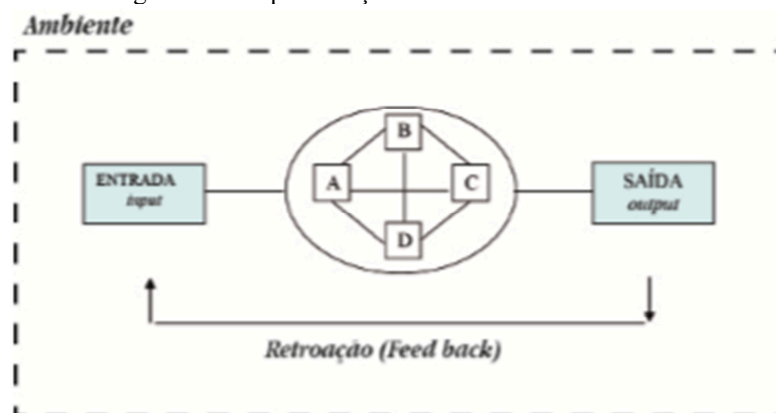
Figura 03 - Esquema básico de retroalimentação de Bertalanffy



Fonte: Bertalanffy (2007)

Na Figura 04, temos um exemplo onde Lopes, Silva e Gournalart (2015) reafirmam o conceito de sistema de Bertalanffy, que se define por um conjunto de elementos inter-relacionados com um certo grau de organização a fim de atingir um objetivo comum. Esse sistema, contido num ambiente próprio, sofre influência de um ambiente externo de onde surgirão os dados de entrada que sofrerão transformações ao pôr em análise seus parâmetros e atributos e, enfim, saem sob forma de informação.

Figura 02 – Representação do ambiente de sistemas

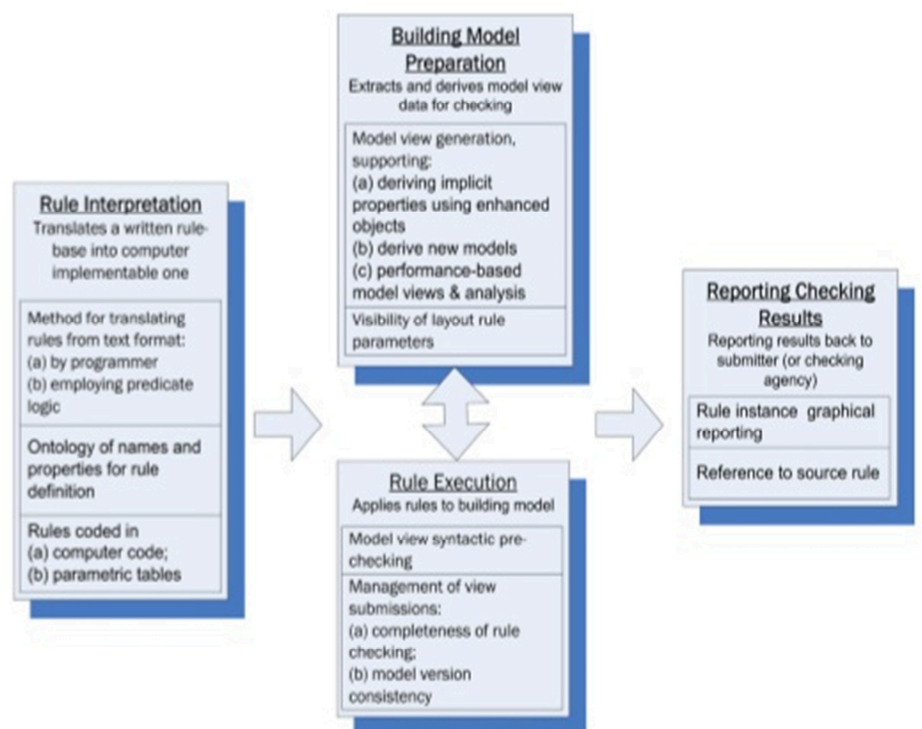


Fonte: Lopes, Silva e Gournalart (2015)

De acordo com as características de seus componentes, os sistemas tomam diferentes definições, por exemplo, os sistemas de informação que, segundo O'Brien (2011) “é um conjunto de pessoas, hardwares, softwares, redes de computadores e recursos de coleta de dados que coleta, transforma e dissemina informações em uma organização”. É o caso dos sistemas de verificação automática para códigos urbanos, objeto de estudo dessa pesquisa. É possível confirmar que sua aplicação está baseada na teoria geral dos sistemas ao ver a caracterização proposta por Eastman et al (2009, p. 1016) para o processo de checagem de regras para edifícios, onde são apresentadas 4 etapas para seu desenvolvimento:

1) Interpretação das regras;  
 2) Preparação do Modelo do Edifício; 3) Execução das regras; “Análise” 4) Relatório dos resultados de verificação. A Figura 0 ilustra essas etapas com as atividades previstas para serem desenvolvidas. No entanto, na estrutura sugerida, podemos considerar 2 tipos de dados de entrada que são as regras a serem interpretadas e o modelo do edifício, sendo assim chegamos com essa estrutura ao modelo simplificado de Bertalanffy: Entrada – Análise – Saída.

Figura 05 - Representação para sistema de verificação automática com suporte em BIM



Fonte: Eastman et al. (2009)

As regras descritas nas legislações foram criadas com uma linguagem voltada para a interpretação textual humana, porém, a partir da implementação de sistemas de informação, serão as máquinas que analisarão esses dados, e, portanto, isso exige uma mudança no modo como é feita o *input*<sup>5</sup> de dados.

Existem vários estudos para sistemas de verificação e a maioria deles que estão focados apenas na sintaxe da representação da linguagem e na gramática das regras, mas na prática, é mais frequente a necessidade de interpretações do significado ou a semântica das regras: A intenção, base e suposições ocultas, assumiu o conhecimento geral dos sujeitos e dependências com outras regras. (SOLIHIN; EASTMAN, 2015, p. 71, tradução nossa)

<sup>5</sup> Termo utilizado para indicar a entrada de dados em um determinado sistema de informações.

Essa definição foi descrita por Solihin e Eastman ao proporem um método de classificação das regras para o desenvolvimento de um sistema de verificação automática de regras e assim classificaram diferentes sistemas existentes sob esse aspecto. Segundo os autores, por conta da subjetividade de algumas cláusulas encontradas, o sistema que analisa semanticamente uma cláusula, poderá apresentar ao usuário as regras que ele ficou em dúvida, lançando uma série de perguntas ao usuário para remover a ambiguidade, e assim entender os princípios que estavam regendo o significado da regra.

A grande questão levantada por eles é como direcionar/aplicar o conhecimento adquiridos pela máquina para a interpretação das regras? Hoje, isso ainda só é viável através de processos manuais. Segundo os mesmos autores, o sistema e-CORENET utilizado pelo governo de Cingapura também se baseia nesse mesmo método de interpretação da lógica textual. Nesse sistema, os criadores analisaram que a interpretação das regras é uma etapa de corresponde de 20 a 30 % de todos os esforços envolvidos na verificação do sistema. Porém, a vantagem é que isso permite que seja feita um único esse esforço de investimento de tempo na execução dessa tarefa para atingir a automação do processo manual. Fica, portanto, a reflexão segundo a qual ao observar a estrutura do Código de Urbanismo da cidade de João Pessoa, poderão ser percebidas semelhanças em suas características a esses descritos.

Há uma série de cláusulas que apresentam prescrições para uma variada quantidade de elementos do projeto de arquitetura. No entanto, nessa pesquisa, será dado foco nas prescrições que têm, como consequência, a influência na elaboração de um modelo de massas, produto final de um estudo de viabilidade a fim de visualizar os índices urbanísticos máximos e possíveis de serem atribuídos a um dado terreno urbano. Sob esse olhar, teremos, como base de dados, as tabelas de zoneamento urbano.

Caracterizada essencialmente por uma base de dados numéricos, ela vai informar as restrições de áreas e afastamento das divisas do terreno que cada uso permitido naquela zona urbana deverá obedecer. Sendo assim, como a análise de potenciais construtivos baseados em regras, que aqui se propõe para ser realizada, está direcionada a etapa de programação arquitetônica que antecede o primeiro estágio de desenvolvimento do projeto, denominado de Estudo de Viabilidade, só será possível ter entrada de dados para consulta baseada em 2 informações iniciais: as dimensões do terreno e seu endereço. À medida que se avança no processo de análise, as verificações naturalmente precisarão de mais dados do projeto para poder verificar a conformidade com todas as demais regras do código, mas, nesse caso, o tamanho dos lados do terreno e sua localização serão suficientes.

As estruturas de parâmetros predefinidos recebem uma denominação dada por alguns autores como modelo paramétrico que será conceituado mais à frente. Nesse contexto, os ambientes tecnológicos que foram escolhidos para investigar a capacidade de parametrização de dados são o BIM – para o desenho de massas – e o ambiente da web com banco dos dados cartográficos em GIS para a localização do terreno.

Existem várias estratégias de desenvolvimento que podem ser seguidas. Segundo O'Brien (2011, p. 326) “a prototipagem torna mais rápido e fácil para os analistas de sistema o processo de desenvolvimento, principalmente para projetos nos quais os requisitos do usuário final são difíceis de definir”. O autor também afirma que o protótipo deixa aberto, aos usuários finais, o processo de desenvolvimento da aplicação alimentando as possibilidades de interação. Dessa forma, o projeto de pesquisa poderá planejar o contato dos participantes que poderão testar o desempenho do sistema de forma que sua percepção permita o avanço das características necessárias à sua eficiência e, assim, direcionar suas modificações.

Noutra direção, Lessa e Lessa Júnior (2009) alertam para uma possível desvantagem ao lidar com o entusiasmo do usuário final, criando a ilusão de que tudo que ele sugerir será implementado, porém, não deixa de reconhecer que o método oferece vantagens interessantes por não precisar inicialmente de todos os requisitos do sistema na fase de *start*, podendo ainda serem trocados durante o curso do projeto.

## **2.2 O BIM e a validação de regras**

Há alguns anos, a quantidade de pesquisas e ferramentas que surgiram integradas ao BIM têm contribuído para sua consolidação como participante indispensável na produção do projeto e construção de edifícios e do espaço urbano. Sendo abordado por diversos autores ora como sistema, ora com tecnologia, faremos uso dos dois termos por entender que há uma proximidade nos significados e que, assim, não será perdida a essência de sua definição. Algumas vezes, será utilizado o termo “sistema”, compreendendo-o dentro de uma abordagem sistêmica, onde um conjunto de elementos unidos sob uma lógica comum ganha um novo significado pelo todo; e, noutros momentos, como “tecnologia” por entendê-lo como um conjunto de técnicas, processos, instrumentos de domínio particular.

O processo para identificar o potencial máximo baseado em regras pode começar antes de um projeto de arquitetura, sendo necessária uma clara compreensão do grupo de variáveis que prescreveram o espaço geométrico a ser ocupado pelo projeto no local a ser construído. A



esse grupo será usada a denominação de **índices urbanísticos** existente na NBR 6505 que é definido como “expressões matemáticas de relações entre as grandezas físicas as socioeconômicas, bem como entre as grandezas físicas, para fins urbanísticos”(ABNT, 1994). Dentre os índices citados pela norma temos a taxa de ocupação, índice de aproveitamento, e outros.

Segundo a NBR 13531 que trata das atividades técnicas relacionadas à elaboração de projeto de edifícios, constata-se a descrição de 8 atividades, cuja terceira, definida por Estudo de Viabilidade (EV), é descrita como sendo a “etapa destinada à elaboração de análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para a concepção da edificação e de seus elementos, instalações e componentes” (ABNT, 1995, p. 4). Eastman et al (2014, p. 94) acrescenta a definição segundo a qual a aplicação do BIM no estudo preliminar indica uma maior possibilidade de percepção de custos, além das possibilidades de realimentar os custos de forma mais rápida a partir das modificações do projeto. Um estudo de caso em que é demonstrado esse tipo de aplicação apresentada pelos autores é o Empreendimento Comercial Hillwood no Texas/USA. Em pesquisa realizada no Rio de Janeiro, estudos de caso da aplicação do BIM em estudos de viabilidade por escritório de arquitetura já foi vista entre os anos de 2009 e 2014 com a demanda pela utilização vinda tanto da equipe de projeto quanto dos clientes que contratavam o serviço (SANTOS; DUARTE; SALGADO, 2016).

Avançando na direção do BIM, o Brasil iniciou o processo de normatização das informações da modelagem do edifício em 2009 com a criação da Comissão de Estudos Especiais 134 da ABNT por solicitação do então Ministério do Desenvolvimento da Indústria e do Comércio. Dado início aos trabalhos, só no ano de 2011 é publicada a NBR 15695 - 1 que inicia o processo de caracterização do sistema de classificação do BIM, que trata especificamente das estruturas e terminologias, tendo suas tabelas publicadas em 2012 já como NBR 15965 - 2. As últimas publicações foram da NBR 15965 - 3, em 2014, e a NBR 15965 - 7 no ano de 2016.

A base do trabalho que vem sendo desenvolvido é estruturada sobre os sistemas de classificação atualmente consolidados internacionalmente nos locais onde o BIM já tem um avanço significativo do seu uso. Esses sistemas já são encontrados na versão *default* de software como o Revit® e são eles o *Masterformat*, *Uniformat* e o *Omniformat*. Eles são estruturados de forma hierárquica e são encontrados dentro da estrutura de parâmetros das famílias dos componentes da construção como paredes, portas, lajes, telhados etc.

Apesar da ampla quantidade de elementos da construção com classificação definida, o elemento *Mass* existente no Revit® – que é utilizado para o desenvolvimento de modelos

conceituais de massa –, os *Conceptual Mass*, não possuem classificação específica e, portanto, não serão explorados esses tipos de famílias, por não agregar informações ao desenvolvimento do protótipo.

### 2.3 Modelo paramétrico de zoneamentos urbanos

Segundo Eastman et al (2014, p. 33), destaca-se que a programação do comportamento de objetos estaria diretamente relacionada com o conceito de desenho paramétrico:

Conceitualmente, ferramentas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) são modelos paramétricos baseados em objetos com um conjunto predefinido de famílias de objetos; cada uma tem comportamentos programados dentro deles [...] Uma configuração de modelo de construção é definida pelo usuário como uma estrutura paramétrica dimensionalmente controlada [...] existe um amplo conjunto de práticas padrão e códigos que podem ser prontamente adaptados e embutidos para definir os comportamentos dos objetos.

Dessa forma, estando aparelhado das regras que definiriam o comportamento de um objeto para um determinado fim, seria possível produzir um modelo BIM capaz de reproduzir esse comportamento, tendo como característica comunicar o resultado através da modelagem 3D com recurso de visualização. Através de Hudson (2009 apud NEWELL; SHAW; SIMON, 1957) observamos o desenho paramétrico definido como um fenômeno do conhecimento sobre o campo heurístico:

[...] qualquer tipo de procedimento principal ou de outros dispositivos que possa reduzir a busca para uma solução satisfatória [...]. A identificação dos parâmetros-chave (aqueles que apresentam o melhor efeito no desenho) dentre vários parâmetros reduz o volume de pesquisa [...]. Aqui se propõe que as ferramentas paramétricas podem fornecer a representação para capturar o conhecimento existente e adquirir novos. O processo de aquisição de conhecimento é observado como equivalente a exploração. [...] com o sentido de descobrir novas funcionalidades, restrições e parâmetros e sugerindo como a descrição de um problema existente pode ser ajustado ou descartado. (HUDSON, 2009 apud NEWELL, SHAW; SIMON, 1957, tradução nossa)

Há diversos casos de projeto paramétrico que exploram modelagens para as várias áreas da construção civil que podem ser observados. Diante do interesse sobre a modelagem de índices urbanos na pesquisa, foi elaborado um quadro resumo com as diferentes pesquisas que abordam a temática nos últimos anos (Tabela 01).

Tabela 01: Quadro resumo de estudos de parametrização de códigos urbanos

| <b>Autores</b>                         | <b>Cidade em estudo</b>  | <b>Aporte metodológico</b>                                 | <b>Técnicas</b>                      | <b>Aplicação</b>      | <b>Tecnologia</b> | <b>Ferramenta</b>   | <b>Fabricante</b> | <b>Patente</b>                             |
|----------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------------------|
| (DONATH; LOBOS, 2008)                  | Santiago, Chile          | Desenvolvimento de Protótipo de uma aplicação para o lote  | Parametrização famílias              | Para Lote urbano      | BIM               | Revit architecture® | Autodesk          | Proprietário /gratuito (versão estudantil) |
| (LIMA; FREITAS, 2016)                  | Fortaleza/CE, Brasil     | Estudo de Caso comparativo de cenários de modelos de massa | Modelo de massas paramétrico         | Para Cenários urbanos | SIG               | CityEngine®         | ESRI              | Proprietário                               |
| (PELLITTERI; LATTUCA; CONCIALDI, 2009) | Trento, Itália           | Estudo de Caso comparativo de cenários de modelos de massa | Parametrização de algoritmos; API    | Para cenários urbanos | SIG               | World Wind          | NASA              | opensource                                 |
| (VARGAS; SILVA, 2009)                  | Novo Hamburgo/RS, Brasil | Desenvolvimento de um protótipo; teste com usuários        | Linguagem de programação C++, OpenGL | Para o lote urbano    | Stand-alone       | Cityzoom®           | SimLab/UFRGS      | experimental                               |
| (STEINO, 2010)                         | Espaço hipotético        | Desenvolvimento de protótipo                               | Modelo de massas com plugin          | Para o lote urbano    | Stand-alone       | Modelur®            | Google Sketchup   | Proprietário                               |
| (KIM; CLAYTON; YAN, 2013)              | Texas, USA               | Desenvolvimento de protótipo                               | API para plugin                      | Para o lote urbano    | BIM               | Revit Architecture® | Autodesk          | experimental                               |

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Cada cidade se organiza de forma independente, no entanto, é possível perceber um padrão de organização nos seus dados. Quando se trata de dados referentes à produção do edifício num terreno urbano, esse padrão também vai existir.

Instrumentos tradicionais têm visado restringir possibilidades de ocupação do espaço e definir a direção adequada para processos urbanos futuros incluindo, em princípio, uma ideia de “forma desejável” para a cidade. Consistem de guias normativos de prescrição de usos e condicionantes para as formas arquitetônicas. (NETTO; SABOYA, 2010)

Dentre os vários estudos de caso consultados, a Tabela 01 apresenta o resumo de 6 aplicações como exemplos de modelos paramétricos. Entre estudos nacionais e internacionais, vê-se que a base de dados dos índices urbanísticos estavam disponíveis e estruturados como tabulação numérica com atributos semelhantes, como restrições quanto à área, afastamentos e alturas dos edifícios, permitindo constatar que as cidades investigadas apresentam um provável padrão quando aos atributos que determinaram a geometria dos modelos de massas, ao que Netto e Saboya (2010) chamam de “zoneamento tradicional”, o qual possui caráter estritamente normativo.

A exceção dentre os exemplos é o caso do protótipo apresentado por Kim, Clayton e Yan (2013, p. 37) que foi desenvolvido com a API do Revit®. Nele, o modelo paramétrico está aplicado num zoneamento que está estruturado nos chamados *form-based code*, abordagem essa que “tem, como foco, a tipologia das edificações e suas relações com o espaço público [...] definem tipos aceitáveis para as diversas áreas da cidade, estabelecendo relações que privilegiam a proximidade entre as edificações e a rua, a permeabilidade interior/exterior...” (NETTO; SABOYA, 2010). Por conta da adição desses novos atributos de análise, são incorporados parâmetros ao protótipo dos pesquisadores, como área máxima para estacionamento, distância entre edifícios etc.

Quanto à parametrização de códigos com suporte na tecnologia SIG, são apresentados 2 estudos de caso que exploram análises comparativas de cenários urbanos com modelos de massa. A diferença encontrada reside na técnica utilizada para a parametrização dos dados onde o que Lima e Freitas (2016) utilizam recursos *default* do sistema proprietário ESRI<sup>tm</sup> ao passo que, e em Pellitteri, Lattuca e Concialdi (2009), são gerados os modelos de massa a partir do desenvolvimento de um algoritmo pelo sistema *opensource World Wind*.

Quanto à interatividade do usuário, observaram-se dois sistemas que funcionam sem base de dados ancorados nas tecnologias BIM e GIS. Um deles, chamado *Cityzoom*®<sup>6</sup>, funciona unicamente em formato *stand-alone*. Ele surge como um sistema de suporte à decisão para o planejamento urbano. Nele, existe uma aplicação específica da ferramenta chamada *BlockMagic* que é responsável por fazer simulações em lotes urbanos baseados em índices urbanísticos de zoneamentos; segundo Vargas e Silva (2009), dispõe-se de uma interface que permite rotacionar o modelo gerado e possibilita a visualização dos resultados do potencial construtivo à medida que vão sendo alterados os parâmetros do regime construtivo do edifício e do lote. Uma limitação do sistema é que ele só considera duas variáveis (largura e comprimento) para o cálculo de área do terreno. Entendendo a cidade como sendo um espaço heterogêneo, a ferramenta só atenderia a um percentual de terrenos urbanos, pois não é difícil encontrar vários deles com diferentes dimensões nas quatro divisas ou em outros casos com cinco ou mais diferentes divisas.

Uma ferramenta chamada *Modelur*® é citada por Steino (2010) ao fazer um levantamento do estado da arte da produção de ferramentas que possuem uma estrutura descrita pelo autor como *parametric thinking* (pensamento paramétrico). Podendo ser utilizada *stand-alone* ou como *plugin* do Google Sketchup®, é destacada como uma simples ferramenta de Modelos de Massa para desenho urbano que é baseada no *input* de parâmetros urbanos como tamanho do lote, altura dos pavimentos, índices de aproveitamento<sup>7</sup>.

O usuário pode converter um polígono 2D em modelos de massa de edifícios, e assim, serão apresentados os dados dos potenciais construtivos do estudo à medida que é feita a modificação dos cenários desejados. Um interessante recurso relacionado à interatividade é a possibilidade de utilização de *adaptive shape handle points*<sup>8</sup> para alterar as dimensões do modelo de massa, dando uma resposta em tempo real do resultado sem a necessidade de digitação de parâmetros.

Finalmente, tem-se a ferramenta para suporte em estudos de massa desenvolvida por Danny Lobos (DONATH; LOBOS, 2008), que utiliza os recursos da tecnologia BIM existentes no Autodesk Revit Building® através das funções paramétricas de famílias, segundo as quais se permite uma rápida visualização 3D do modelo e adição de operações Booleanas através de restrições paramétricas. Denominado como *Protótipo para restrições de*

<sup>6</sup> Software produzido no laboratório SimmLab /UFRGS para simulação e modelagem em arquitetura e urbanismo.

<sup>7</sup> Fator numérico que representa a área máxima possíveis de ser construída dividida pela área do terreno.

<sup>8</sup> Termo utilizado pelo *Autodesk knowledge network*® é uma entidade de pontos paramétricos que podem mudar a geometria de um objeto ao ser deslocado numa direção pré-determinada como, por exemplo, as direções de uma coordenada UCS.

*Códigos urbanos* tem, segundo o autor, seu input de dados do edifício realizado através de uma integração com o Microsoft Excel® realizada no que é chamado de *Space Program Database*, e uma vez calculada a área total máxima para o edifício, o protótipo estaria pronto para modelagem de vários cenários para um lote urbano. Através de uma interface, o arquiteto pode adicionar, em formato de texto (*text format*), os valores relacionados aos códigos urbanos, como dimensão dos lotes, afastamentos, altura máxima, ângulo de exposição solar etc., e, com isso, tem acesso aos relatórios do potencial construtivo. Apesar de apresentar o protótipo como sendo uma ferramenta desenvolvida através das funções paramétricas da Famílias do Revit®, não foi possível compreender como é estabelecida a relação desse recurso com a interface de input do banco de dados no Excel®.

Em resumo, os esforços dos estudos aqui expostos estão focados no desenvolvimento de protótipos e/ou aplicações de recursos de uma ferramenta para apresentação de cenários através da manipulação do modelo de massas tendo como objetivo a estruturação de informações para um Estudo de Viabilidade que permita visualizar os potenciais construtivos os quais auxiliarão na tomada de decisões dentro de um processo de produção do projeto arquitetônico. Nesse sentido, a capacidade dos escritórios de produzir cenários construtivos está bem instrumentalizada a partir das ferramentas apresentadas, mesmo diante das limitações de cada uma delas, ou diante do acesso a elas, já que nem todas são gratuitas ou disponíveis em versões de teste.

No entanto, um ponto comum a todos os exemplos é que não foi destacado, pelos autores, se havia uma estratégia para salvar/guardar um *ruleset* como banco de dados com os parâmetros dos códigos urbanos de uma ou mais cidades. Não há informações que esclareçam se a ferramenta é alimentada uma única vez com os dados do zoneamento urbano de uma cidade. Acredita-se que esses dados são lançados no momento da consulta, e, nesse caso, o profissional tem que ter acesso aos documentos legais da cidade e lançar, pessoalmente na plataforma, cada vez que a acessar.

De um modo geral, a busca por essas informações, junto às prefeituras municipais pode, em alguns momentos, assemelhar-se a uma espécie de garimpagem de dados, pois nem todas dispõem de uma cartilha que descreva como devem ser usados esses dados. Essa atividade de consulta - que poderia ser classificada como de baixa complexidade de execução - pode acabar se tornando um dos momentos do processo de produção de um Estudo de Viabilidade que mais necessita de tempo investido pelos arquitetos, baixando a produtividade em seus escritórios.

A hipótese é que os sistemas partem da premissa de que já há um conhecimento prévio desses indicadores e seus valores numéricos, adicionada a uma compreensão da representação espacial que eles irão criar, pois de um modo geral quando se encontram essas informações nos documentos legais, estes são disponibilizado através de uma simples tabela numérica que cruza os dados dos tipos de uso do solo com as variáveis atribuídas a esses, como mostra a tabela de zoneamento ZR1 existente no código de urbanismo de João Pessoa na Tabela 02.

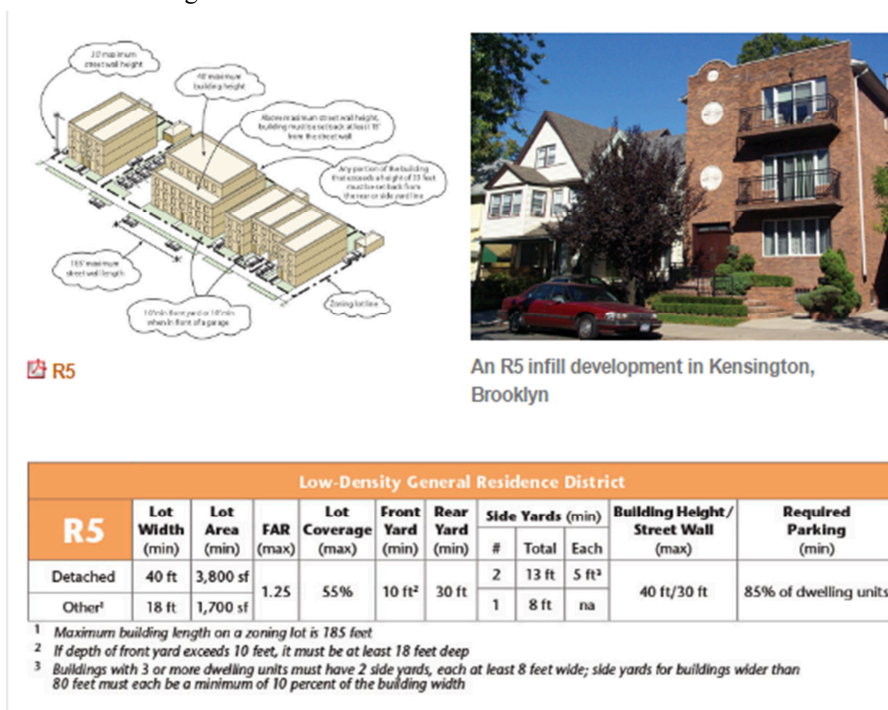
Tabela 02: Trecho da tabela de zoneamento do código de urbanismo de João Pessoa

| <b>ZONA RESIDENCIAL 1 (ZR1)</b> |                        |                          |                           |                                  |                     |                |               |
|---------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------|---------------|
| <b>USOS</b>                     | <b>LOTE (*)</b>        |                          | <b>EDIFICAÇÃO (A)</b>     |                                  |                     |                |               |
| <b>PERMITIDOS</b>               | <b>ÁREA<br/>MÍNIMA</b> | <b>FRENTE<br/>MÍNIMA</b> | <b>OCUPAÇ.<br/>MÁXIMA</b> | <b>ALTURA<br/>MÁXIMA<br/>(B)</b> | <b>AFASTAMENTOS</b> |                |               |
|                                 |                        |                          |                           |                                  | <b>FRENTE</b>       | <b>LATERAL</b> | <b>FUNDOS</b> |
| R1                              | 360,00                 | 12.00                    | 50                        | -                                | 5.00                | 1.50           | 3.00          |
| R2 (1)                          | 450,00                 | 15.00                    | 50                        | 2 PV                             | 5.00                | 1.50           | 3.00          |

Fonte: João Pessoa (2001).

Noutro exemplo, indo além das tabelas numéricas, a cidade de Nova York possui o sistema online de mapa para a localização de propriedades (NEW YORK, [s.d.]) permitindo uma localização do lote através de um mapa temático georreferenciadas com tecnologia SIG que, ao clicar no lote desejado, o arquiteto tem acesso à visualização da tabela de zoneamento junto a mais duas imagens-exemplos que ilustram a implantação de uma construção no lote representada por uma visualização em perspectiva isométrica. Por sua vez, a perspectiva tem seu potencial de comunicação visual ampliado através balões com textos descrevendo a característica das restrições que serão exigidas naquela zona, além, ainda, de uma fotografia de residências existente na área, permitindo a apropriação da informação através de um novo ângulo (Figura 06).

Figura 06 - Tabelas de Zoneamento da cidade Nova York



Fonte New York ([s.d.])

Os documentos legais aprovados em assembleias legislativas, dentro dos regimentos e normas da cidade de Nova Iorque, não foram consultados nessa pesquisa, mas provavelmente devem estar disponíveis ao público. O fato é que, por algum motivo, a prefeitura se dedicou a produzir um banco de dados online, de acesso gratuito, com um repertório de técnicas de representação gráfica do espaço urbano que fornecesse ao arquiteto, ou mesmo a um cidadão comum, sem conhecimentos técnicos específicos, a possibilidade de uma melhor interpretação e apreensão do que seria possível construir no seu terreno.

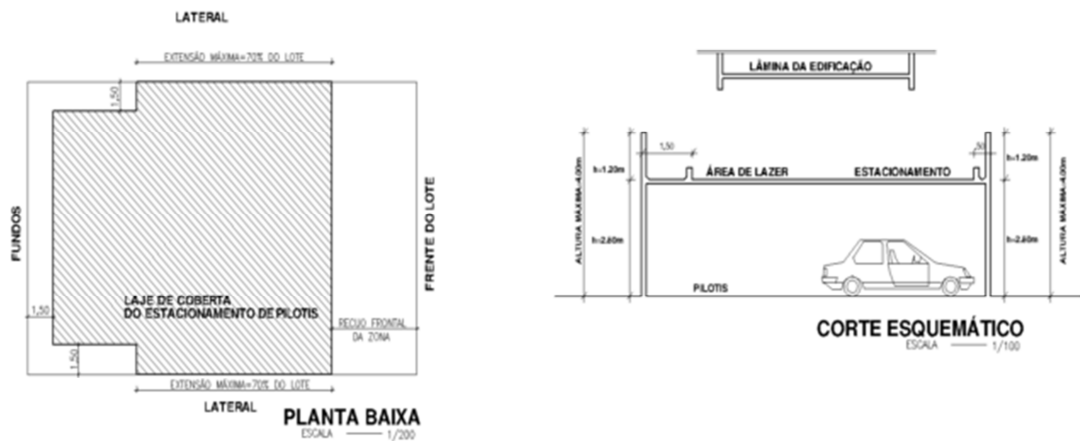
Segundo Tirkkonen (2014) e Donath e Lobos (2008) o zoneamento urbano foi compreendido como ferramenta de planejamento de uso do solo pela sua primeira vez em Nova York no ano de 1916 como um instrumento para frear a construção maciça no bairro de Manhattan. Como hipótese, talvez pelo seu pioneirismo, essa cidade segue a frente de outra em relação ao uso de soluções para o processo de consulta de dados referente ao zoneamento urbano que buscam através de seus mecanismos, se tornar capaz de comunicar de forma mais abrangente e clara, as regras que regem a produção do seu espaço urbano.

A cidade de João Pessoa também se utilizou de alguns recursos de representação gráfica como mostra a figura 07. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** – uma planta de localização e um corte esquemático presentes dentro do documento do código de urbanismo,



no capítulo de Anexo, porém sem nenhuma interatividade com o processo de localização do terreno, diferindo assim, do caso de Nova Iorque.

Figura 07 - Anexo do Código de urbanismo existente no Decreto nº5.285/05



Fonte: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/leis-importantes/>

Nessa direção, o protótipo da presente pesquisa apresentará, no próximo capítulo, os procedimentos metodológicos que foram escolhidos para a estruturação de um sistema de informações direcionado para a produção de um banco de dados relacionando os mapas temáticos de uma cidade com suporte na tecnologia SIG e as tabelas numéricas de um zoneamento urbano com suporte na tecnologia BIM tendo, como estudo de caso, o código de urbanismo da cidade de João Pessoa.

Na busca por um protótipo que não apresente os dados somente como simples recursos de visualização, mas que tenha a possibilidade de interagir com o processo de desenho dos modelos de massas, considerado o fato de, numa cidade, serem encontrados diversos formados de terreno, por exemplo. De forma comparativa à ferramenta *cityzoom*, a expectativa é que o protótipo da pesquisa possa ir além, podendo ser aplicado não somente a terrenos de quatro lados de duas dimensões de medidas iguais, mas para situações em que as quatro ou mais dimensões possam ser diferentes.

## 2.4 Sistemas GIS e integrações ao ambiente WEB

Na perspectiva de poder parametrizar os mapas de zoneamento, seria necessário vetorizar suas informações para que elas possam ser interpretadas como informações geométricas uma vez que são mapas temáticos representados por uma série de polígonos

irregulares desenhados sobre o mapa da cidade e que informam a delimitação da área correspondente a cada zona urbana. Os Sistemas de informações geográficas – SIG, acrônimo de *Geographic Information System* – GIS, possuem as ferramentas com as técnicas mais apropriadas para esse tipo de atividade, podendo armazenar os dados de duas formas, topológica ou tipo spaghetti, de acordo com (FRANCISCO et al, 2016) que diz:

A estrutura de armazenamento dos dados vetoriais pode ser topológica ou do tipo spaghetti (RIPSA, 2000). Na estrutura topológica, os relacionamentos espaciais entre os elementos geográficos, representados por nós, arcos e polígonos, estão armazenados em tabelas. Os nós são uma entidade unidimensional que representam os vértices inicial e final dos arcos, além das feições pontuais. Os arcos correspondem a entidades unidimensionais, iniciando e finalizando por um nó, podendo representar o limite de um polígono ou uma feição linear. Os polígonos, que representam feições de área, são definidos por arcos que compõem o seu perímetro.

Sendo assim, através da topologia seria possível identificar, por exemplo, as áreas dos terrenos que estão contidas nas áreas das zonas urbanas por permitir caracterizá-las quanto à pertinência (se pertence ou não a um conjunto), conectividade (estrutura de conexões, ligações) e contiguidade (busca por similaridades). Dentre essas características, a pesquisa se apropriará do conceito de pertinência, pois durante o processo de produção de modelos de massas, poder-se-ia identificar em que zona urbana se encontra um dado terreno, e, dessa forma, bastará identificar se a figura geométrica de seu polígono está contida no polígono de uma determinada zona.

Essas informações são estruturadas através de mapas temáticos, produtos característicos dos sistemas de informações geográficas. Segundo Fitz (2008, p. 44 grifo nosso):

A geração de mapas temáticos necessita de outros mapas como base. O objetivo básico dos mapas temáticos é fornecer uma representação dos fenômenos existentes sobre a superfície terrestre fazendo uso de uma simbologia específica [...] devem apresentar determinadas características básicas para que possam ser facilmente entendidos por qualquer usuário, profissional ou leigo [...] com finalidade de **apresentar as características do terreno o mais fielmente possível.**

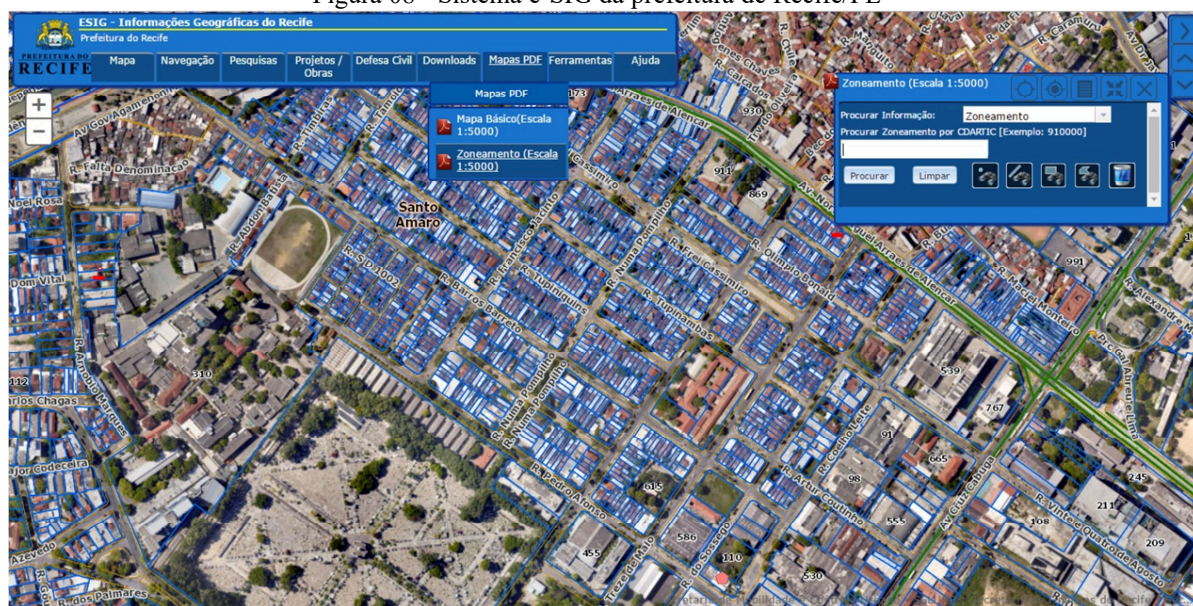
Existem ferramenta com tecnologia GIS como o software proprietário ArcGIS®, dentre os mais populares, e softwares livre, no caso do Q-GIS, que poderá dar suporte para a produção dessas informações no que se refere à coleta, processamento e análise dos dados. De posse desses fundamentos, os SIG conseguem assumir a tarefa de dar suporte a tomadas de decisão a partir de metodologias que os participantes de um processo decisório tenham a

possibilidade de escolha de ações mais assertivas dentro dos seus campos de atuação. No entanto, a manipulação dessas ferramentas exige conhecimento técnico operacional específico, que não é comum aos arquitetos por não fazer parte da matriz curricular dos cursos de graduação.

Na perspectiva de trabalhar com mapas temáticos parametrizáveis e acessíveis em ambientes de fácil manipulação de seus dados, os ambientes baseados na internet, tornam-se a escolha inevitável. Segundo Davis Jr., Souza e Borges (2005), um fator que contribuiu para a disseminação de dados geográficos pela internet foi o baixo custo empregado fazendo como que hoje os softwares SIG já possuam alternativas de acesso de dados via web. Porém, de acordo com Almeida e Andrade (2008), não basta estar disponível na web, é preciso ter uma interface mais intuitiva para o uso efetivo das informações.

Essa constatação do pesquisador pode ser verificada ao observar o sistema E-SIG criado pela prefeitura da cidade de Recife. De livre acesso ao público, o sistema foi criado para disseminar informações georreferenciadas do município, permitindo *download* de dados para serem usados em ferramentas SIG (Figura 08). Mas também são destacadas suas vantagens por permitir uma alimentação de dados que podem ser coletados junto a outros órgãos da administração pública, permitindo combinações de diversas informações em estruturas tabulares.

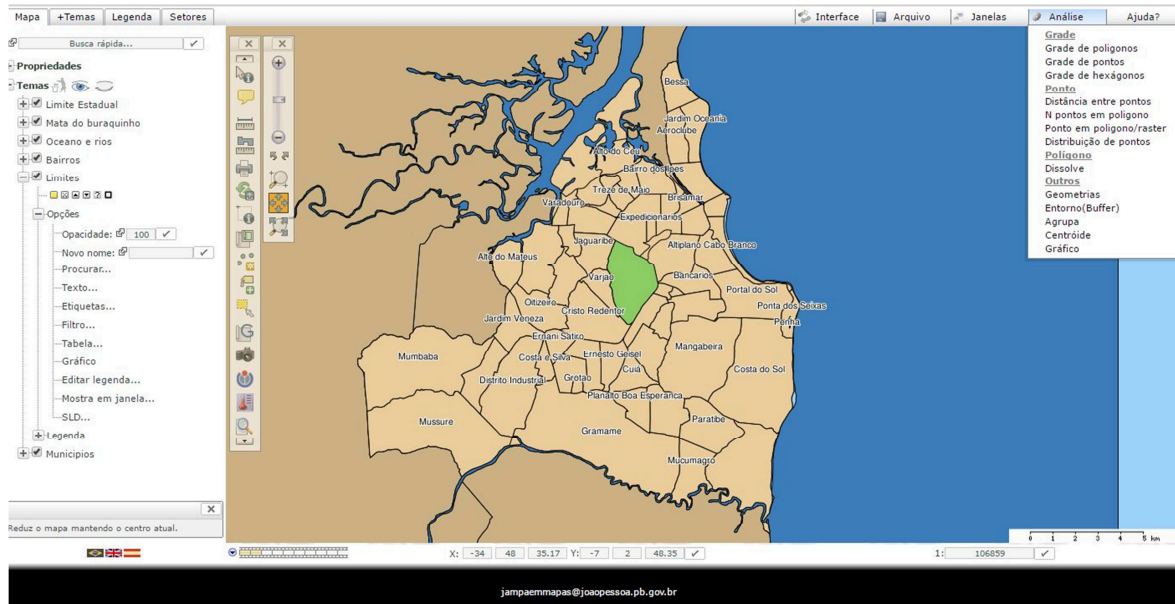
Figura 08 - Sistema e-SIG da prefeitura de Recife/PE



Fonte: <http://www.recife.pe.gov.br/ESIG/>

A cidade de João Pessoa também possui um serviço web chamado *Jampa em Mapas* que disponibiliza ao público, gratuitamente, informações georreferenciadas que podem ser acessadas pelo seu website (Figura 09).

Figura 09 - Sistema *Jampa em mapas* da cidade de João Pessoa



Fonte: <http://geo.joaopessoa.pb.gov.br/digeoc/htmls/jampaemmapas.html>

Comparando os dois sistemas quanto à disponibilidade de mapas temáticos das zonas urbanas, necessários para o processo de produção dos estudos de viabilidade, observa-se que a cidade de Recife, apesar de disponibilizar o download dos mapas de zoneamento, o sistema pede ao usuário que faça uma procura através do “CDARTIC”, no entanto, não orienta sobre o significado dessa sigla, deixando apenas a mensagem “Exemplo: 9100000”, e isso, provavelmente, partindo da premissa de que há um conhecimento prévio do que ele representa.

No *Jampa em mapas* não são disponibilizados recursos de visualização dos mapas de zoneamento através desse sistema, e, por consequência, nem a possibilidade de download deles em formato passível de manipulação noutras plataformas tecnológicas, ficando restrita somente a mapas de bairros e suas características físicas para sua visualização e impressão em formatos de imagem. Vê-se, portanto, que não há muita diferença quando à pouca intuitividade entre os dois sistemas.

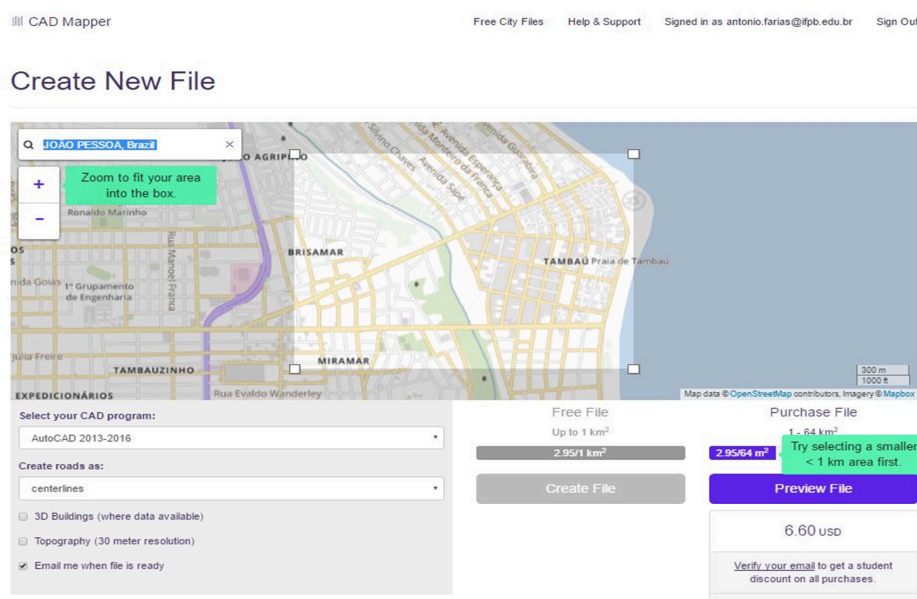
Dada a facilidade de disseminação de informações e conhecimento, teremos vários exemplos de prefeituras que disponibilizam dados para consulta na internet através de sistemas SIG criados e gerenciados de forma independente por cada administração municipal.

Em paralelo a essas iniciativas da administração pública, e de posse desses dados, projetos de iniciativa privada são acessíveis na web. Um exemplo é o site Bdon.org<sup>9</sup> onde o engenheiro em computação Bradon Liu desenvolveu uma ferramenta que integra a extração do desenho urbano em formato *DWG*<sup>10</sup> de uma base de dados cartográficos na web. Através de uma interface disponível com um serviço gratuito no site [www.cadmapper.com](http://www.cadmapper.com) o usuário pode calibrar a dimensão de uma “janela” que representará a área resultante dos dados a serem extraídos do mapa de base correspondente a uma área de até 1km<sup>2</sup> (Figura 10).

O Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU/BR) permite que um arquiteto de habilitado possa atuar em qualquer cidade do território nacional, o que o permite desenvolver projetos simultaneamente em várias cidades.

Ter acesso a ferramentas como o *cadmapper* ao dar início a um estudo de viabilidade pode otimizar o processo de consulta e garantir produtividade durante a produção do projeto.

Figura 10 - Interface integrada com mapa temático



Fonte: [cadmapper.com](http://cadmapper.com)

O governo federal brasileiro, através do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão anunciou, esse ano, que os servidores das instâncias administrativas federais, estaduais e municipais terão acesso às imagens de alta resolução do satélite SPOT e Pleiades. Administradas e acessadas através dos catálogos de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), essas imagens são importantes ferramentas de planejamento

<sup>9</sup> <http://bdon.org/> é um site de produção independente de projetos relacionados a gráficos computacionais, dados abertos (open data) e cidades localizado em Nova York.

<sup>10</sup> Formato de arquivo de desenho 2D e 3D de softwares CAD.

urbano e poderiam ser perfeitamente utilizadas como suporte à base de dados de uma ferramenta que pudesse reunir as informações de mapas temáticos de cidades brasileiras associando informações do zoneamento urbano para dar suporte à análise de dados mais complexas através dessas imagens multiespectrais<sup>11</sup>.

Independentemente da iniciativa do governo federal, a produção de mapas temáticos de zoneamentos urbanos não precisa necessariamente ser gerada a partir de um banco de dados com imagens em alta resolução. Caso a imagem de satélite servisse somente para a localização de terrenos, bastaria uma imagem de satélite que permitisse a identificação das características físicas do terreno, e, de posse dessa informação, verificar em que zona urbana ele está inserido. Nesse sentido, existem ferramentas gratuitas como o *google maps*® que disponibiliza imagens de satélite e sua versão mais dinâmica o *google Earth*®. Através da *Application Programming Interface* – API da ferramenta é possível agregar mais dados e diversificar sua aplicação.

Na direção do desenvolvimento de um protótipo, essa poderá ser uma alternativa a ser verificada quanto à capacidade de armazenamento de mapas temáticos referentes ao zoneamento urbano na perspectiva de tornar o acesso possível a qualquer público e passível de aplicação ao banco de dados de várias cidades num mesmo tempo. No capítulo de Procedimentos Metodológicos serão descritos os protocolos de testes planejados para desenvolver o protótipo da pesquisa utilizando esse recurso.

---

<sup>11</sup> Consiste em imagens com mais de uma camada de informações onde cada uma é resultante de um diferente comprimento de onda muito comum em satélites de sensoriamento remoto.



### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerada como uma pesquisa aplicada, quanto à sua natureza, definiu-se seu objetivo nos moldes de uma pesquisa de caráter exploratório uma vez que pretende tornar visível o problema apresentado a fim de ampliar a compreensão de alguns de seus aspectos (GIL, 2002, p. 41). Dentro dessa classificação, compreende-se, quanto ao tipo de procedimento metodológico, como experimental, uma vez determinado um objeto de estudo onde foram selecionadas variáveis e definidas suas formas de controle e observação na intenção de caracterizar os seus efeitos produzidos sobre o objeto. Visto que há objetivos específicos definidos nessa pesquisa, essas classificações apresentam-se com algumas variações para se adaptar aos diferentes métodos e técnicas propostas como mais adequadas para alcançá-los.

O primeiro deles trata da observação ao código de urbanismo e teve, nos seus objetivos, a característica de uma pesquisa descritiva adotando, quanto aos procedimentos metodológicos, um caráter de pesquisa documental como estratégia para mapear o processo de consulta aos documentos legais da prefeitura de João Pessoa que se pretende investigar. Usando como fonte de documentação os registros institucionais escritos, foi usado como técnica de coleta a análise de conteúdo que permite localizar sistematicamente as informações para realizar o cálculo dos índices urbanísticos de um terreno urbano.

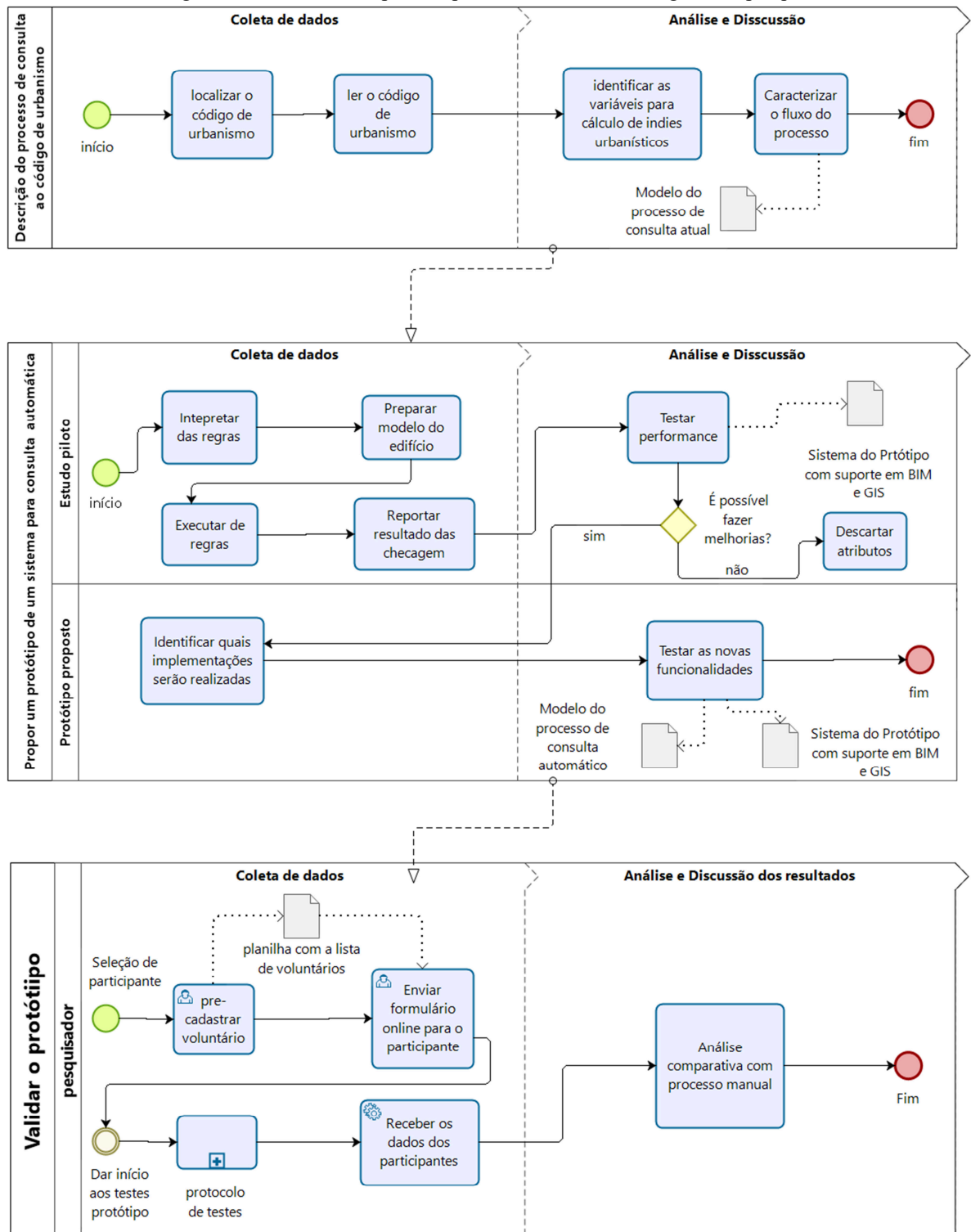
O segundo foi voltado para o desenvolvimento em si do protótipo para o sistema de consulta automática com suporte nas tecnologias BIM e GIS, tendo nos seus objetivos uma abordagem exploratória quantitativa. Estruturado como uma pesquisa experimental os métodos de desenvolvimento envolveram a criação de um estudo piloto seguido de etapas de refinamento de funcionalidades e descarte das que não atenderem aos requisitos do sistema. A técnica de coleta de dados utilizada foi a de observações sistemáticas. Gil (2008, p. 104) afirma que

Na observação sistemática o pesquisador precisa elaborar um plano que estabeleça o que deve ser observado, em que momentos, bem como a forma de registro e organização das informações. O primeiro passo consiste em definir o que deve ser observado. Essa definição precisa levar em consideração os objetivos da pesquisa.

A terceira e última etapa foi a validação do protótipo submetendo seu uso através de participantes voluntários para testar sua performance. Com uma abordagem quantitativa será definido os critérios de mensuração para sua validação. Aqui foi utilizada a técnica de

questionários através de ferramentas eletrônicas para a coleta de dados. De acordo com Gil (2008, p. 121), trata-se de criar questões específicas que sejam a tradução dos objetivos da pesquisa, de modo que, através das respostas, o pesquisador terá acesso a dados que permitem descrever características da população pesquisada. Em suma, na Figura 11 é apresentado o fluxo de atividades realizadas com base as etapas previstas para cada um desses três eixos metodológicos.

Figura 11 - Fluxo das etapas dos procedimentos metodológicos da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa (2019).



A pesquisa experimental, segundo o mesmo autor, passa pela definição das características metodológicas como plano experimental, determinação dos sujeitos e ambiente de experimentação.

O desenvolvimento da pesquisa tem como delimitação o período de 2015 a 2019, e sendo realizada na cidade de João Pessoa, teve como suporte de infraestrutura física do Laboratório de modelagem e prototipagem - LM+P vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba (PPGAU/UFPB).

A pesquisa tem, como objeto de estudo, o processo de consulta ao código de urbanismo da cidade João Pessoa que teve sua instituição através da lei nº 2.102, de 31 de dezembro de 1975, vigente desde então. Para o desenvolvimento de um protótipo de um sistema com um modelo paramétrico que dê suporte a sua consulta com base nas tecnologias BIM e GIS, é necessário que o seu processo de consulta seja observado num contexto contemporâneo, o que reafirma a característica de pesquisa aplicada.

Sendo assim, o recorte temporal da pesquisa para observação dos fenômenos e características que envolvem sua forma de consulta atual é de agosto de 2015 a abril de 2018 onde foram analisados os documentos legais que estavam disponíveis através das ferramentas de comunicação da prefeitura durante esse período.

A pesquisa bibliográfica teve uma abordagem transversal na pesquisa passando por todas as etapas de seu desenvolvimento. Durante a construção do referencial teórico, orientou-se a busca por estudos que discutiam a construção de sistemas de informação, processos de implantação da tecnologia BIM nos estágios iniciais do projeto de arquitetura, experiências anteriores de criação de sistema para a geração de modelos paramétricos aplicados a códigos urbanos e as formas de aplicação da tecnologia GIS em ambiente web e suas características de interação com banco de dados de mapas temáticos de zoneamento urbano.

A seguir serão detalhadas as estruturas de cada uma das coletas de dados definidas em função de cada objetivo específico da pesquisa, portanto dividido em 3 subcapítulos.

### **3.1 Coleta de dados**

#### **3.1.1 Análise documental**

Essa etapa de coleta está alinhada ao primeiro objetivo específico da pesquisa que pretende **descrever o processo de consulta ao código de urbanismo de João Pessoa**. Compreende-se processo como uma sequência de atividades que podem estar ou não

agrupadas por etapas que compõem um sistema de informações. Essas atividades podem ter, quanto a sua execução, características manuais ou automatizadas, podendo ter uma predominância de um em relação ao outro. Podem ser realizadas em ambientes distintos ou único, e com quantidades de etapas específicas em cada um. Há também a quantidade de pessoas responsáveis pelas tarefas e o aspecto relacionado ao tempo de duração envolvido em cada etapa que naturalmente muda, a depender da combinação das características do processo.

Sendo o código de urbanismo de João Pessoa, um documento de domínio público, faz-se necessário entender quais são os mecanismos que a João Pessoa dispõe para que seja realizada sua consulta. Trata-se de um documento extenso, composto pelas diversas leis, portarias e decretos que foram criados durante as sucessivas revisões pelas quais o código passou ao longo desses anos.

Parte-se, então, de dois pressupostos, a leitura do documento e o contato com a prefeitura através das ferramentas de comunicação sobre uso e ocupação do solo da cidade. Definida como uma pesquisa documental essa etapa da coleta de dados, Gil (2002, p. 42), afirma que, na pesquisa documental,

[...] as fontes são muito mais diversificadas e dispersas. Há, de um lado, os documentos "de primeira mão", que não receberam nenhum tratamento analítico. Nesta categoria estão os documentos conservados em arquivos de órgãos públicos e instituições privadas, tais como associações científicas, igrejas, sindicatos, partidos políticos etc.

Através de uma leitura flutuante do documento, o tratamento analítico de que o autor cita foi direcionado na busca por informações que apresentem as variáveis necessárias para o cálculo dos índices urbanísticos de um dado terreno urbano.

A implantação das tecnologias propostas por esta pesquisa surgirá, portanto, do plano de ação citado pelo autor, ou pode-se dizer, do sistema proposto que será concebido a partir da compreensão de onde, e em que etapas, essas tecnologias poderão existir dentro do processo de consulta atual. Quanto à técnica, esse procedimento metodológico se utilizará a análise de conteúdo. “[...] uma técnica de investigação que, através de uma decisão objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto das comunicações, tem por finalidade a interpretação dessas mesmas comunicações” (BERELSON apud GIL, 2008, p. 152).

Jugou-se desnecessário revelar a figura do pesquisador durante o contato com os servidores públicos que prestam serviço no setor da prefeitura que realizam consultas a terrenos urbanos na tentativa de reproduzir a rotina de um cidadão comum que se dirige até a

prefeitura para solicitar informações tanto quanto o acesso ao site da prefeitura para localizar esses documentos.

A Tabela 03 indica a estrutura de classificação planejada para o tratamento dos dados coletados. A enumeração de termos recorrentes não foi objeto de coleta de análise de conteúdo, mas sim, identificar e quantificar de regras previstas para o cálculo dos índices e a sequência processual dessas. O recorte da leitura, quando em documentos digitais, foi realizado utilizando as ferramentas de localização de palavras-chave. A análise dessas informações teve como produto a modelagem do processo de consulta ao código de urbanismo.

Tabela 03: Estrutura de coleta de dados

| Índice urbanístico – NBR 6505 |           |                        |                  |              | Estrutura do documento |          |        |           |           |
|-------------------------------|-----------|------------------------|------------------|--------------|------------------------|----------|--------|-----------|-----------|
| Nome                          | Definição | Variáveis de validação | Nome da variável | Propriedades | Nome do documento      | Capítulo | Artigo | Parágrafo | Definição |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Após tabulação, o resultado da descrição do processo de consulta foi representado através da linguagem *Business Process Model and Notation - BPMN* que resulta num diagrama que apresenta as sequências das etapas existentes e de acordo com o fluxo da informação.

### 3.1.2 Observações sistemáticas

A segunda etapa da coleta de dados está alinhada com o objetivo específico da pesquisa que se dedica a **propor um protótipo para o sistema de um modelo paramétrico para consultas ao código de urbanismo com suporte nas tecnologias BIM e GIS**. A metodologia adotada nesta etapa da pesquisa se caracteriza por ser de natureza exploratória e experimental a fim de atingir a construção de conhecimento sobre o tema estudado. As etapas de desenvolvimento foram baseadas na estrutura de funcionalidades para um sistema de checagem de regras apresentada no capítulo do referencial teórico. Trata-se do diagrama sugerido por Eastman (2009, p. 1.016) que divide a construção do sistema em 4 funcionalidades distintas. São elas:

- a) Interpretação de regras;
- b) Preparação do modelo do edifício;
- c) Execução das regras;
- d) Emissão gráfica dos resultados de checagem.

A técnica adotada nos procedimentos é a de observações sistemáticas o qual prevê um plano de observação para sua aplicação. Esse plano contém, portanto, a estratégia onde é definido o que observar, seu formato de registro e amostragem da observação. Nesse sentido, o foco limitou-se a observar as potencialidades de parametrização de dados nos ambientes das tecnologias BIM e GIS.

Os atributos definidos para verificação durante o desenvolvimento do sistema foram os enunciados por Eastman et al (2009, p. 1.016) junto a cada uma das funcionalidades apresentadas no seu diagrama.

A funcionalidade de **Interpretação das regras** foi a etapa de tradução de regras em formato de texto para um formato implementável em computadores. Uma das capacidades verificadas seria quanto ao método de tradução das regras em formato de texto onde elas poderiam ter dois atributos: feitas por um programador ou utilizando uma lógica predicada. Também estava previsto como a capacidade interna do sistema caracterizar a ontologia dos nomes e propriedades para a definição das regras. E, por último, o ambiente de codificação, podendo ser em linguagem de computadores codificadas ou em tabelas paramétricas.

Na etapa de **Preparação do modelo do edifício**, os procedimentos teriam o objetivo de extrair e derivar dados das vistas do modelo para checagem. Aqui, poderiam ser verificados o suporte para a geração de vistas do modelo que poderiam ter como atributos 3 variações: derivando propriedades implícitas usando objetos aprimorados, derivações de novos modelos ou análise e vistas do modelo baseada em performance. A segunda verificação seria a visibilidade dos parâmetros das regras do ambiente.

Em seguida, tem-se a **Execução das regras** onde é posto em conjunto o modelo do edifício com as regras aplicadas a ele. Essa primeira verificação é a pré-checagem da forma sintática das vistas do modelo, pois é necessário verificar se os dados de entrada estão válidos para que só então a regra seja executada. E o gerenciamento de submissões de vistas que se dedica a verificar a integralidade da checagem de regras uma vez que elas poderiam ser realizadas separadamente para análise e a consistência das versões do modelo para checar se a vista do modelo submetida à avaliação forma um único projeto integrado.

Por último, é realizada a **Emissão de relatórios das checagens**. O primeiro atributo dessa funcionalidade é reportar graficamente uma instância da regra informando a localização

e visualização do problema identificado na checagem. O segundo ponto é fazer referência a fonte da regra sendo esse um recurso que possibilita reportar o texto original da regra para a interpretação das falhas.

Para o registro dessas observações, estruturaram-se os dados como mostra a Tabela 04, onde foram registradas o que e onde foi possível utilizar as tecnologias ao longo do desenvolvimento das funcionalidades previstas e qual delas foi usada.

Para sua amostragem, consideraram-se os requisitos definidos para o sistema a partir da identificação do fluxo de etapas da modelagem do processo de consulta atual para calcular os índices urbanísticos encontradas na primeira coleta de dados.

Tabela 04: Coleta de dados do desenvolvimento do protótipo

| Funcionalidade                                     | técnica                                                                      | requisito 1 | requisito 2 | requisito 3 | requisito 4 |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| interpretação de regras                            |                                                                              |             |             |             |             |
| Método de tradução das regras escritas             | por um programador usando "predicate logic"                                  |             |             |             |             |
| Foi desenvolvida ontologia de nomes e propriedades |                                                                              |             |             |             |             |
| Codificação das regras em                          | código em computador<br>tabelas paramétricas                                 |             |             |             |             |
| preparação do modelo do edifício                   |                                                                              |             |             |             |             |
| suporte para geração de vista do modelo            | Derive implicit properties using enhanced objects<br>Derive new models       |             |             |             |             |
| visibilidade do layout das regras                  | Performance-based model and integrated analysis                              |             |             |             |             |
| execução das regras                                |                                                                              |             |             |             |             |
| pré-checagem da syntax do "model view"             |                                                                              |             |             |             |             |
| gerenciar a submissão de vistas para integralidade | checar consistência das submissão de vistas<br>Checar a integridade da regra |             |             |             |             |
| Relatório com resultados                           |                                                                              |             |             |             |             |
| reference to source rule                           |                                                                              |             |             |             |             |
| Reportar graficamente                              |                                                                              |             |             |             |             |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Dada essa estrutura de procedimentos e métodos a serem utilizados, definiu-se um estudo piloto onde foi realizada uma análise que permitisse discutir os resultados dos primeiros testes da implantação das tecnologias em resposta aos requisitos que iam sendo verificados. A partir desse ponto, seguindo o conceito de prototipagem, vão sendo realizados

refinamento nas funcionalidades que ainda permitiam melhorias e descarte dos testes que não foram validados.

Quanto aos materiais e equipamentos utilizados para o desenvolvimento dessa etapa de coleta de dados, foi escolhida a versão educacional do software Revit Architecture®, versão 2017 - para o ambiente BIM e o editor de planilhas Excel®. O referencial teórico da pesquisa apresentou diversas experiências em ambientes distintos. A escolha foi delimitada pela sua ampla abrangência no mercado de produção da construção civil no Brasil tanto quanto pelas delimitações de conhecimento técnico do pesquisador e laboratório de pesquisa.

Segundo a empresa AUTODESK HELP (2015) que dá suporte ao processo de aprendizagem e uso das funcionalidades do Revit®, a validação da sintaxe das fórmulas que são suportadas pelo software no ambiente de famílias (Figura 12) vão de operações aritméticas a funções trigonométricas as quais foram amplamente exploradas para o processo de parametrização do modelo do edifício. Foi utilizado um computador Macbook air com sistema operacional Windows 10 Pro, com processador Intel Core i5-4250U, 1,30GHz, e Memória RAM de 4GB.

Para o desenvolvimento do protótipo em ambiente webGIS no qual foram manipulados os mapas temáticos das zonas urbanas, foram utilizadas a linguagem *Python* na sua versão 3.5 e o *framework Django*. O seu sistema gerenciador de banco de dados utilizado foi o *PostgreSQL* com a extensão espacial *PostGIS*. Para utilizar o protótipo em ambiente web, foi realizado um investimento financeiro na hospedagem do banco de dados num servidor *cloud*<sup>12</sup>, o *Digital Ocean*®, e que permanecem disponíveis para seu desenvolvimento durante o período da pesquisa no endereço <http://107.170.105.4/>. Para uso dessas ferramentas, durante o estudo piloto, a pesquisa teve a colaboração de um professor pesquisador do departamento de Geoprocessamento do Instituto Federal da Paraíba – IFPB/Campus João Pessoa.

---

<sup>12</sup> O termo se refere ao conceito de computação em nuvem, utilizando dados (memória e armazenamento) de computadores permitindo um acesso remoto deles através do ambiente web.

Figura 12 - Tela do recurso de Family types do software Revit arquitetura

| Parameter                          | Value             | Formula                                                                                                | Lock                                |
|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Índice de Aproveitamento (default) | 1.0000            | = size_lookup(tabela, "IA", Número_ref, Número_ref)                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Máximo_pav (default)               | 4.0000            | = size_lookup(tabela, "ALM", Número_ref, Número_ref)                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| frontal (default)                  | 5.0000            | = size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref)                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| fundo (default)                    | 3.0000            | = size_lookup(tabela, "RFU", Número_ref, Número_ref)                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| fuz (default)                      | 3.0000            | = size_lookup(tabela, "RFU", Número_ref, Número_ref)                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| la_demais (default)                | 5.0000            | = la_pav1_2 + 1 m                                                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| la_pav1_2 (default)                | 4.0000            | = la_terreo + 1 m                                                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| la_terreo (default)                | 3.0000            | = size_lookup(tabela, "RL", Número_ref, Número_ref)                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| taxa de Ocupação (default)         | 0.4000            | = size_lookup(tabela, "TX", Número_ref, Número_ref)                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Construction</b>                |                   |                                                                                                        |                                     |
| Número_ref                         | 2.5000            | =                                                                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Text</b>                        |                   |                                                                                                        |                                     |
| tabela                             | C_urbano-J_Pessoa | =                                                                                                      |                                     |
| <b>Materials and finishes</b>      |                   |                                                                                                        |                                     |
| area_terreo (default)              | A_terreo          | =                                                                                                      |                                     |
| terreno (default)                  | A_terreno         | =                                                                                                      |                                     |
| <b>Dimensions</b>                  |                   |                                                                                                        |                                     |
| h_Max (default)                    | 12.0000           | = pé esquerdo * Máximo_pav / 1 m                                                                       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| h_demais (default)                 | 6.0000            | = h_Max - h_pav1_2 + h_te                                                                              | <input checked="" type="checkbox"/> |
| h_pav1_2 (default)                 | 9.0000            | = h_Max - h_te                                                                                         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| h_te (default)                     | 3.0000            | =                                                                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| pé esquerdo (default)              | 3.0000            | = pé esquerdo                                                                                          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| t_di (report)                      | 31.5235           | = 3 m                                                                                                  |                                     |
| ta (report)                        | 25.7923           | =                                                                                                      |                                     |
| tb (report)                        | 20.0890           | =                                                                                                      |                                     |
| tc (report)                        | 27.3089           | =                                                                                                      |                                     |
| ts (report)                        | 17.1474           | =                                                                                                      |                                     |
| <b>Analysis Results</b>            |                   |                                                                                                        |                                     |
| Area Terreno (default)             | 492.485 m²        | = Area Terreno_p1 + Area Terreno_p2                                                                    |                                     |
| area (default)                     | 548.608 m²        | = tb * tc                                                                                              |                                     |
| <b>Other</b>                       |                   |                                                                                                        |                                     |
| Area Terreno_p1 (default)          | 220.054 m²        | = sqrt((sp_T1 * 1 m) * (sp_T1 / 1 m - ta / 1 m) * (sp_T1 / 1 m - ts / 1 m) * (sp_T1 / 1 m - ts / 1 m)) |                                     |
| Area Terreno_p2 (default)          | 271.531 m²        | = sqrt((sp_T2 * 1 m) * (sp_T2 / 1 m - tb / 1 m) * (sp_T2 / 1 m - tc / 1 m) * (sp_T2 / 1 m - tc / 1 m)) |                                     |

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Durante as etapas de refinamento, a pesquisa recebeu financiamento público oriundo de editais de pesquisa e extensão do IFPB – Campus Cajazeiras e privados com recursos do pesquisador e no APÊNDICE será apresentado o custo financeiro da pesquisa. Dessa forma, a pesquisa realizou a contratação de um profissional de programação computacional, e contou com a colaboração direta de 12 pessoas dentre docentes e discentes (bolsistas e voluntários) distribuídos em 3 instituições de ensino (Instituto Federal da Paraíba – IFPB/ Campus Princesa Isabel e Campus Cajazeiras, Faculdade Santa Maria – FSM, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG).

### 3.1.3 Questionário online

A terceira e última etapa da coleta de dados estrutura os procedimentos metodológicos para **validar do protótipo desenvolvido**. Essa etapa, que tem característica de pesquisa experimental, foi planejada para ampliar o espectro da análise do protótipo onde foi utilizada a técnica de aplicação de questionário junto a um grupo de participantes voluntários como mecanismo de validação do seu desenvolvimento.

Segundo Richardson (2014, p. 189), os questionários cumprem a função de “descrever as características e medir determinadas variáveis de um grupo social”. O autor ainda ressalta que outra importante função dessa técnica é a medição de variáveis individuais ou grupais.

Nessa direção, os parâmetros de mensuração definidos para análise foram do tempo de execução de tarefas e precisão quanto à consistência dos cálculos dos índices urbanísticos solicitados caracterizando-se como uma abordagem quantitativa.

Inicialmente, planejou-se a participação de um grupo de arquitetos atuantes no mercado de João Pessoa. No entanto, para se adequar a todas as limitações inerentes ao desenvolvimento de um mestrado acadêmico, financeiras e logísticas do pesquisador, foram escolhidos os participantes que se encaixassem no perfil da pesquisa permitindo sua execução. Portanto, o grupo de participantes escolhido foi o de estudantes de faculdades de Arquitetura e Urbanismo da Paraíba por ser um grupo de fácil acesso, uma vez que estão concentrados nos espaços delimitados pelas faculdades e comumente disponíveis, visto a permanente contribuição em diversas pesquisas acadêmicas realizadas no país.

Entendendo que o experimento dessa etapa da pesquisa prevê o uso de seres humanos durante o seu processo, o projeto foi encaminhado para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Lauro Wanderley - CEP sendo o projeto aprovado mediante os documentos enviados, a saber: o projeto detalhado; o cronograma de atividades e o Termo de Consentimento (Apêndice B) que foram entregues aos estudantes antes de iniciarem sua participação.

Para a escolha de quais estudantes participar, foram considerados os seguintes critérios:

- a) Estar cursando/ter cursado as disciplinas de projeto de edificações que utilizam/utilizaram como instrumento pedagógico o Código de Urbanismo de João Pessoa para o desenvolvimento de estudos de viabilidade para um projeto de arquitetura;
- b) Ser usuário do software REVIT® Arquitetura;

A experiência do usuário não foi considerada para a mensuração, uma vez que será comparado o desempenho do uso do protótipo com o próprio método de consulta atual do participante, e não com outros estudantes participantes. O estudante que, por exemplo, conhece a ferramenta, mas ainda não a usa com frequência, ou conhece e fez um treinamento, mas nunca usou efetivamente, pode ter interesse em conhecer o protótipo, e, portanto, ele poderá se declarar como usuário no início do experimento, podendo participar do experimento. Independentemente desse perfil, a metodologia prevê a disponibilização de um vídeo-tutorial explicando como funciona o protótipo a ser descrito mais adiante.

Quanto à capacidade de uso e compreensão do Código de Urbanismo de João Pessoa, esse grupo ficou restrito a alunos do 4º até o 9º período ao consultar as ementas das



disciplinas desses períodos, obtidas através de contato prévio com os professores ministrantes e coordenações de curso das faculdades visitadas.

Para obter uma estimativa dessa população, foi feito um levantamento de dados junto aos coordenadores dos cursos de arquitetura de 5(cinco) faculdades sendo elas: Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Centro universitário de João Pessoa – UNIPÊ, Instituto de Educação Superior da Paraíba – IESP, Centro Universitário Unifacisa – UNIFACISA e Faculdade Santa Maria - FSM. Dessa forma, foi possível identificar a partir de dados fornecidos pelas coordenações de curso, **uma população de 661 estudantes** matriculados nas disciplinas de projeto de edificações e distribuídos entre o 4º e 9º período conforme ilustra a tabela 05.

Tabela 05: Universo de participantes

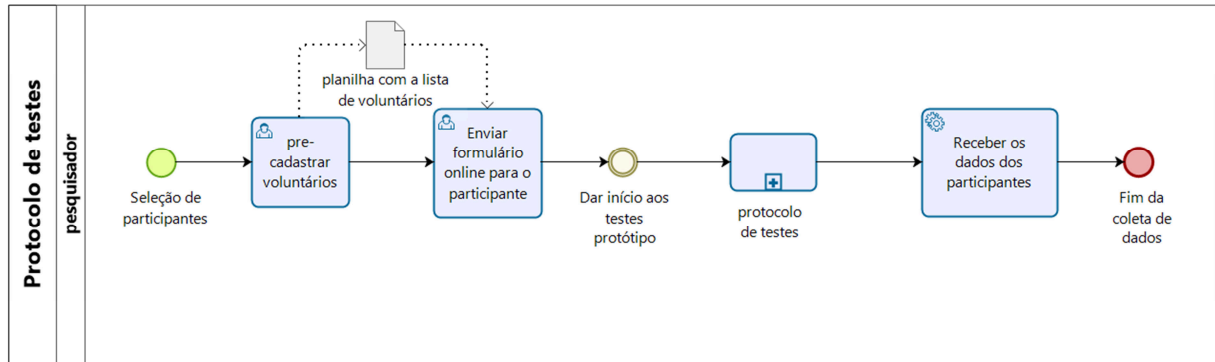
| Faculdade        | 4º período | 5º período | 6º período | 7º período | 8º período | 9º período | Matriculados p/ turma |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| FACISA           | 0          | 0          | 20         | 40         | 20         | 0          | <b>80</b>             |
| IESP             | 71         | 34         | 58         | 52         | 0          | 0          | <b>215</b>            |
| UFPB             | 18         | 11         | 18         | 32         | 19         | 22         | <b>120</b>            |
| UNIPE            | 0          | 0          | 78         | 64         | 37         | 0          | <b>179</b>            |
| FSM              | 0          | 0          | 20         | 25         | 22         | 0          | <b>67</b>             |
| <b>sub-TOTAL</b> | <b>89</b>  | <b>45</b>  | <b>194</b> | <b>213</b> | <b>98</b>  | <b>22</b>  | <b>661</b>            |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Sendo assim, para definição da amostragem a ser considerada no estudo foi adotado para seu cálculo **um grau de confiança de 90% e uma margem de erro de 15%**. Diante dessas variáveis, definiu-se que o tamanho da amostra mínima seria de **29 participantes** para a pesquisa.

A Figura 13 apresenta a estrutura de plano de ação definido para a coleta de dados do questionário que foi dividida em dois momentos: a seleção de participantes e o início dos testes do protótipo que é, em si, a aplicação do questionário.

Figura 13 - Estrutura de coleta de dados do questionário



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Diante do cronograma planejado, a coleta de dados se inicia em janeiro de 2018 sendo o marco inicial do contato com os participantes e toda sua execução durou um período de 35 dias. O gerenciamento de sua aplicação dependeu exclusivamente da pessoa do pesquisador e dessa forma o questionário foi aplicado numa instituição por vez. Foi mantido contato com os participantes presencial e virtualmente em momentos distintos.

O primeiro contato foi presencial onde o pesquisador entrou no ambiente das salas de aula das turmas após consentimento das coordenações e autorização dos professores, pois as visitas foram realizadas durante o período de aulas dos estudantes. Nesse momento, foi feita uma breve apresentação da pesquisa seguido do convite para participar voluntariamente, e só então era disponibilizada uma lista de pré-cadastro (Apêndice A) – visando coletar o contato dos participantes –, a qual foi recolhida pelo professor presente na visita ao final da aula.

O segundo contato com os participantes foi virtual através dos emails pessoais coletados e do aplicativo de chat *WhatsApp* para o envio do questionário, pois se optou pelo formato eletrônico sendo esse estruturado através da ferramenta do *google forms* (segue o link <https://goo.gl/8udX5C>). Gil (2008, p. 122) alerta que esse método de aplicação impede o auxílio ao participante quando esse não entende corretamente as instruções. Richardson (2014, p. 196) também destaca como desvantagem a taxa de devolução, que normalmente não seria superior a 70%. Para minimizar esse problema, o pesquisador manteve contato através dessas ferramentas de comunicação na intenção de tirar dúvidas quanto ao procedimento a ser seguido, porém, atento a interferir o mínimo possível. Gil (2008, p. 122) ressalta, dentre as vantagens, a possibilidade de as pessoas poderem responder no momento em que julgarem mais conveniente, dando a possibilidade de atingir um grupo de participantes numa área geográfica extensa.

Quanto à estruturação das perguntas, foi utilizado o formato de questões fechadas para atender ao método quantitativo de análise das informações que estava previamente definido.

No entanto, para validar o protótipo, seria necessário o seu uso para caracterizar sua performance quanto ao tempo de execução e precisão nas respostas. Dessa forma, foi planejada uma sequência de tarefas onde foi comparado o método de consulta ao código para realizar o cálculo de índices urbanísticos para um terreno urbano considerando o método habitual do participante com o método proposto para uma consulta paramétrica usando o sistema do protótipo.

Dado início ao protocolo de testes do experimento, o questionário eletrônico tinha, portanto, uma triagem dos participantes sob os seguintes critérios:

- a) Aceitar o Termo de consentimento;
- b) Possuir um computador pessoal com a instalação do software REVIT versão 2017 ou 2018 e acesso à internet;
- c) Baixar os arquivos base para execução das tarefas do experimento.

Os arquivos-base correspondem a 3 documentos legais. Para isolar somente a variável do tempo de execução do cálculo dos índices urbanísticos, definiu-se que seriam entregues os documentos legais, pois não estava em questão a mensuração do tempo de localização dos documentos, e sim o tempo de consulta e uso deles. Caso fosse levado em consideração poderia ser obtido como resultado uma grande variação comparando os participantes que os tivessem em seu banco de dados pessoal com outros que ainda foi buscar na prefeitura. São eles: o código de urbanismo; o mapa de zoneamento urbano e o mapa de macrozoneamento.

Junto a eles, foram disponibilizados 4 (quatro) arquivos-base do levantamento planimétrico de terrenos criados hipoteticamente com base em terrenos encontradas na cidade no bairro de Manaíra, bairro esse que foi utilizado como referência para os requisitos do protótipo durante a etapa refinamento de seu desenvolvimento em BIM.

As características de zoneamento urbano que foram definidas para os terrenos são apresentadas na Tabela 06, e nela vemos que todas as 3(três) zonas urbanas existentes no bairro estão distribuídas entre os terrenos criados. Já os usos permitidos foram utilizados somente dois, o residencial e o comercial. O sistema webGIS também teve sua modelagem montada somente para os endereços, quantidade de pavimentos e tipologias definidas para cada terreno/situação exclusivamente para a pesquisa. No caso do terreno 03 que está dentro da faixa de 500 metros da orla marítima, não foi considerado o cálculo de altura máxima prevista no art. 25 do Plano diretor (BRASIL, 1994, p. 14).

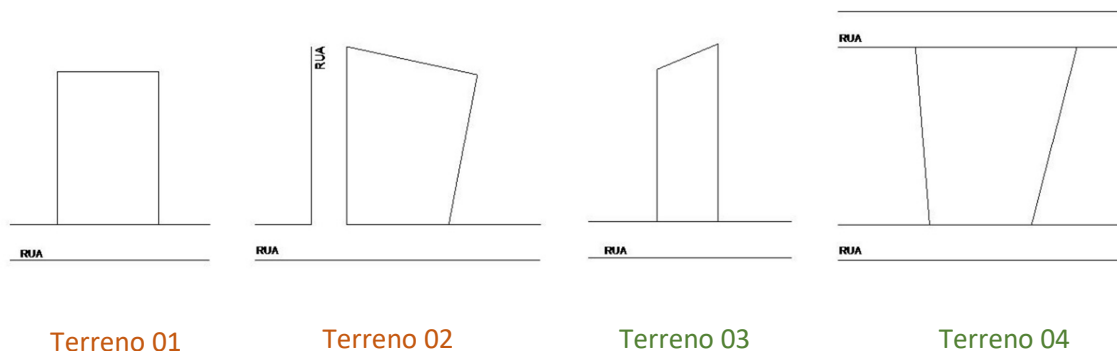
Tabela 06: Característica das etapas do experimento de validação

| Etapa      | Zona urbana | Endereço                          | Uso desejado | Quant. de pavimentos desejados |
|------------|-------------|-----------------------------------|--------------|--------------------------------|
| Terreno 01 | ZR1         | Av. Maria Rosa, 284               | residencial  | 4                              |
| Terreno 02 | ZA3         | rua Euzely Fabrício de Souza, 580 | residencial  | 3                              |
| Terreno 03 | ZT2         | av. General Edson Ramalho, 494    | comercial    | 2                              |
| Terreno 04 | ZA3         | Av. Maria Rosa, 284               | comercial    | 5                              |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Quanto à configuração espacial urbana dos terrenos, decidiu-se por criar 4 situações distintas que podem ser encontradas no bairro em estudo envolvendo diferentes geometrias poligonais e diferentes relações das divisas do terreno e as ruas com as quais fazem fronteira como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Configuração espacial dos terrenos



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Os arquivos DWG foram disponibilizados em momentos distintos. Os arquivos dos terrenos 01 e 02 seriam destinados à produção de uma consulta manual e os dos terrenos 03 e 04 para uma consulta paramétrica onde seria usado o protótipo configurando, assim, a base de dados iniciais do método de análise comparativa realizado.

O protocolo de testes elaborado para validação do protótipo descreve o método planejado para coleta dos dados de forma que seja possível a análise comparativa desejada entre o método de consulta manual e o método de consulta paramétrica de cada participante.

O parâmetro de mensuração utilizado para caracterizar uma análise quantitativa foi a unidade de **tempo**, tendo como referência a duração de execução das tarefas propostas durante o processo de consulta. Foram propostas, basicamente, duas tarefas distintas:

- Localizar a zona urbana de um terreno em um dado endereço (ZU);
- Cálculo de áreas estimadas (AE).

Na Tabela 07, visualiza-se a estrutura planejada para coleta de dados onde as duas tarefas foram igualmente repetidas para cada um dos terrenos propostos. Alguns pressupostos foram considerados ao planejar o uso de 2(dois) terrenos para cada tipo de consulta. Como não foi levantada a informação da quantidade de horas do plano pedagógico da disciplina que está/estava cursando, e dedicou para compreensão dessa lei, não foi considerada a experiência no uso dos documentos do código de urbanismo (mapas e lei) para buscar as informações bem como o nível de experiência de uso do REVIT. Assim, o primeiro terreno de cada etapa de consulta (Terreno 01 para a consulta manual e Terreno 03 para a consulta paramétrica) serviria para o participante memorizar o processo de consulta a partir da experimentação empírica.

A hipótese é que, no segundo terreno de cada consulta, a mensuração do tempo representasse uma amostragem mais passível de comparação dada a maior consistência esperada na coleta dos resultados.

Tabela 07: Estrutura de coleta de dados do protocolo de testes

| Tipo                 | Etapa      | Tarefa                     |         |             |          |                       |                 |                |                |          |
|----------------------|------------|----------------------------|---------|-------------|----------|-----------------------|-----------------|----------------|----------------|----------|
|                      |            | Localizar Zona urbana (ZU) |         |             |          | Cálculo de Áreas (AE) |                 |                |                |          |
|                      |            | ZU INICIAL                 | ZU ZONA | ZU POSSÍVEL | ZU FIM   | AE INICIAL            | AE ÁREA TERRENO | AE ÁREA TERREO | AE ÁREA MÁXIMA | AE FINAL |
| Consulta Manual      | Terreno 01 | 00:00:00                   | texto   | Texto       | 00:00:00 | 00:00:00              | número          | número         | número         | 00:00:00 |
|                      | Terreno 02 | 00:00:00                   | texto   | Texto       | 00:00:00 | 00:00:00              | número          | número         | número         | 00:00:00 |
| Consulta Paramétrica | Terreno 03 | 00:00:00                   | texto   | Texto       | 00:00:00 | 00:00:00              | número          | número         | número         | 00:00:00 |
|                      | Terreno 04 | 00:00:00                   | texto   | Texto       | 00:00:00 | 00:00:00              | número          | número         | número         | 00:00:00 |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O pré-teste da execução do questionário teve seu tempo de realização estimado numa média de 40 minutos. Durante a aplicação do questionário, foi comunicado que poderiam ser realizadas pausas quando achar necessário “entre as tarefas” sem prejuízo nos resultados, já que nesses momentos não há registro de horas, as quais serão efetuadas somente no início e fim de cada tarefa.

É proposto o primeiro registro de tempo onde ele deve informar a hora (horário local) que está iniciando a tarefa. O registro do tempo foi por Horas: Minutos (00:00), não sendo considerado os segundos uma vez que durante os testes não foi registrada nenhuma tarefa com duração menor que 1(um) minuto.

É iniciada, portanto, a tarefa ZU apresentada na Tabela 07 a qual é composta por 2 perguntas. Uma solicita “Em qual zona urbana se encontra esse terreno?” e a outra pergunta se é possível construir o uso pretendido com uma “x” quantidade de pavimentos nessa zona.

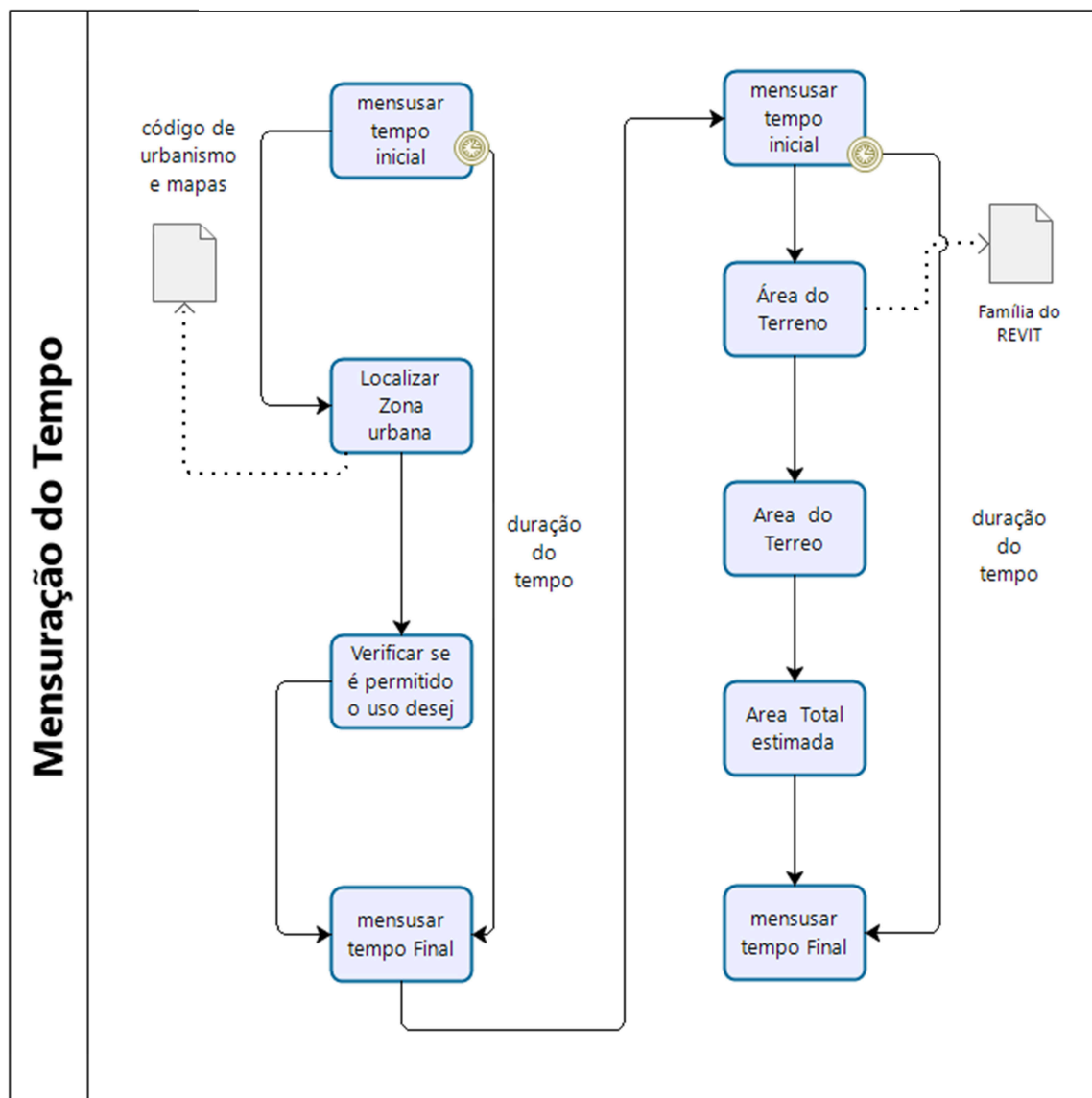
Ao final, é solicitada a hora em que foi finalizada a tarefa, fechando assim seu registro de tempo o qual permitirá mensurar sua duração. Aqui se trata da etapa correspondente ao Terreno 01, onde há uma demanda por uma construção de um edifício residencial com 4 pavimentos conforme descrição na Tabela 07. Essa tarefa ZU será repetida da mesma forma nas outras 3(três) etapas restantes (Terreno 02, 03 e 04) variando somente os requisitos de entrada inicial: o endereço, uso pretendido, e a quantidade de pavimentos.

Para terminar, na etapa do Terreno 01 é iniciada a segunda tarefa (AE) que corresponde ao cálculo de áreas que se repetirá seguindo a mesma lógica nos 3 próximos terrenos. Ela também é iniciada solicitando o horário de início e é composta de 3(três) perguntas. A primeira pede o valor da área do terreno em estudo. A segunda questão posta pergunta se “Utilizando os parâmetros descritos na tabela de zoneamento existente no código de urbanismo, qual a estimativa para área máxima edificável no pavimento térreo para um edifício residencial com 4 pavimentos no terreno 01?”.

Nesse ponto, o participante já sabendo qual zona urbana e uso permitido que deseja verificar, faz uso dos valores dos afastamentos descritos na tabela para calcular a área do pavimento térreo. A última pergunta trata do potencial construtivo onde é pedido, “Qual a área máxima edificável para esse mesmo edifício residencial de 4 pavimentos?” em que ele buscará o valor máxima estimado recorrendo aos valores da tabela da zona. Ao término da resposta, ele é perguntado pelo horário final, terminando a primeira etapa “TERRENO 01”.

Para compreensão, a síntese desse processo é mostrada na Figura 14 (Subprocesso - Mensuração do tempo) que ilustra a relação há pouco descrita entre suas tarefas dentro do modelo de processos do protótipo visualizado, onde podemos identificar essa etapa como um subprocesso de nome “Mensuração do tempo – Terreno 01” (Figura 14).

Figura 14 - Subprocesso - Mensuração do tempo



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Nos próximos Terrenos 02, 03 e 04, teremos a repetição do processo acima descrito, no entanto, haverá uma etapa de transição que demarca a mudança da consulta manual para paramétrica. Independente do grau de experiência do participante em relação ao uso da ferramenta de modelagem da tecnologia BIM, partiu-se do pressuposto de que seria necessário criar uma etapa com um treinamento mínimo para que tenha a compreensão aos fundamentos básicos das funcionalidades do protótipo. Foram produzidos dois materiais audiovisuais, uma para a tecnologia BIM (disponível no link <https://goo.gl/ifQGBt> ) e outro para a tecnologia GIS (disponível no link <https://goo.gl/yaUATd> ) armazenados na empresa YouTube® através do canal pessoal do pesquisador. Ao confirmar que assistiu aos vídeos, o participante segue para as etapas de consulta paramétrica, onde lhe serão disponibilizados os arquivos dos terrenos a serem usados (Terreno 03 e 04).

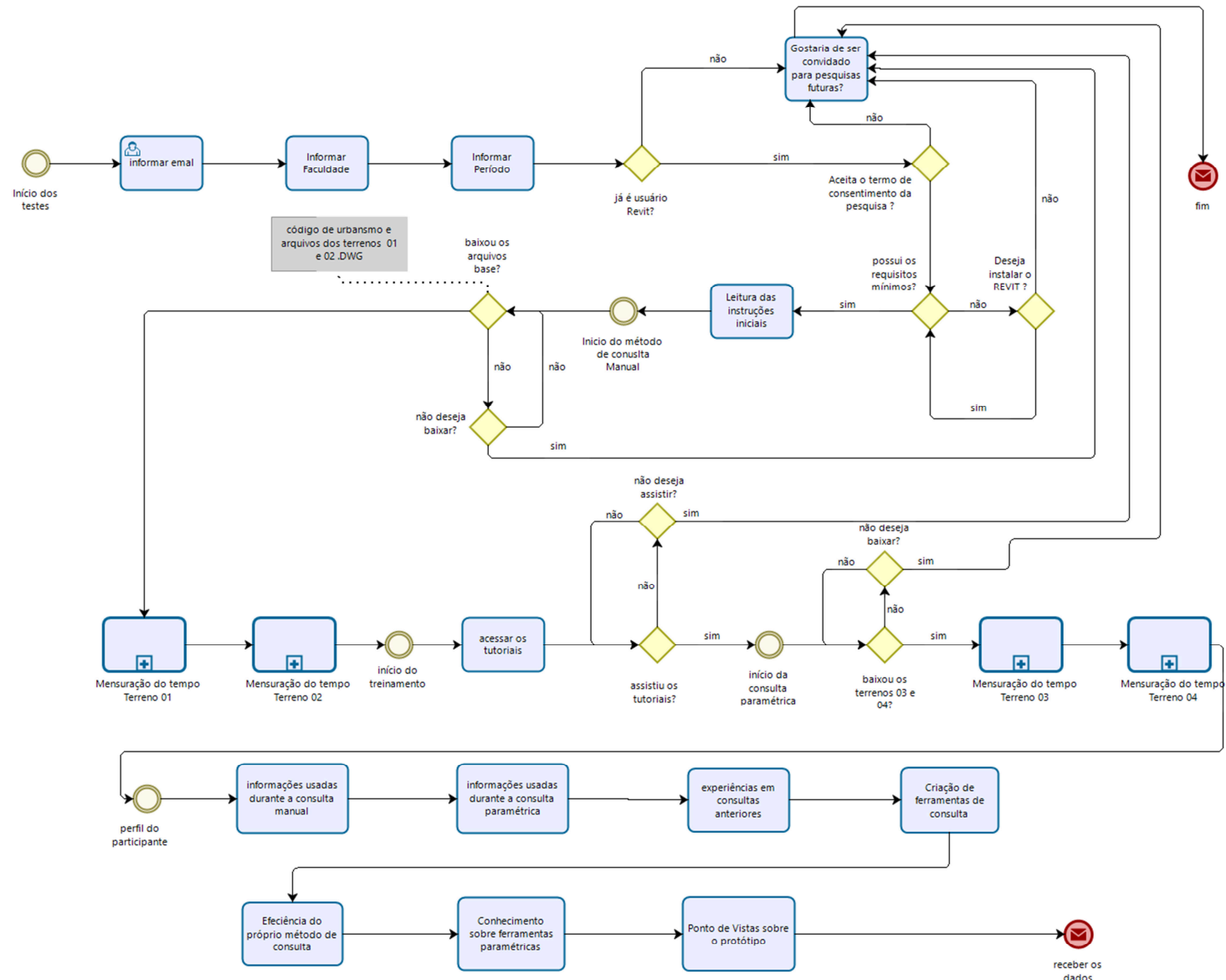
A última fase do protocolo de testes pretende verificar a percepção do participante sobre todo o processo vivenciado. As duas primeiras perguntas buscam verificar como o participante obteve as informações necessárias para responder as tarefas ZU e AE durante as etapas de consulta manual e paramétrica, tendo eles como opção de resposta: o material disponibilizado nas disciplinas de projeto; visitas ao site da prefeitura; consulta a colegas de turma; material disponibilizado nessa pesquisa; outros.

A próxima questão está relacionada à quantidade de vezes que ele precisou recorrer aos documentos legislativos para buscar informações sobre o mesmo projeto. Na sequência é perguntado se ele já criou algum mecanismo para se ter mais agilidade no seu método de consulta a essas informações. Depois é verificado se o participante considera ágil seu próprio método. A penúltima pergunta é referente ao conhecimento dele sobre a existência de outras ferramentas que têm o objetivo de automatizar o processo de consulta à legislação. Por fim, é perguntado “Quanto ao protótipo da pesquisa, considera que seria útil no processo de produção de um projeto de arquitetura?”.

Após esse conjunto de etapas, dá-se por encerrado o protocolo de testes e que pode ser consultado no formato entregue em formulário online aos estudantes no Apêndice da dissertação. No próximo capítulo, serão apresentados os resultados dessa coleta de dados.



Figura 15 - Modelo de Processos – Protocolo de testes



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÕES DE RESULTADOS

### 4.1 Processo de consulta atual ao código de urbanismo

Foi dado início à pesquisa de campo para coleta de dados junto à João Pessoa (2001) através de visitas *in loco* com o objetivo investigar como é realizado o processo de consulta manual a um terreno urbano da cidade de João Pessoa. Constatou-se que poderão ser seguidos dois caminhos: consulta presencial com suporte dos arquitetos analistas ou à distância através do site da prefeitura municipal onde estão disponibilizados, para consulta, os documentos da legislação urbana em arquivos digitais.

A Diretoria de Controle Urbano - DCU que pertence à Secretaria de Planejamento – SEPLAN da prefeitura municipal, é o local onde as consultas presenciais são realizadas. Através da equipe de arquitetos-analistas qualquer cidadão que se dirigir à prefeitura e fizer a solicitação de consulta a um terreno urbano recebe as informações desejadas que se materializam numa conversa informal no ambiente de atendimento individual da prefeitura. Estando de posse do endereço do terreno, o analista disponível poderá entregar um *overlay* (mapa da quadra com edificações do entorno em que se encontra o terreno), acompanhado de dados cadastrais referente às características físicas do imóvel (estado de conservação, dimensões etc.). Caso se deseje saber o que é possível construir, a pessoa interessada deve protocolar um requerimento de uso de ocupação do solo para formalizar a solicitação.

Na Figura 16 demonstra-se o fluxo do processo realizado após observação do processo presencial onde se identificou os ambientes envolvidos na tarefa de consulta a legislação para levantar informações para um determinado terreno. O processo é concluído com a emissão de um relatório com a certidão de uso e ocupação de solo prescrito para o terreno solicitado. O prazo estabelecido pela prefeitura para conclusão dessa tarefa é de 20 dias, de acordo com o setor de protocolo.

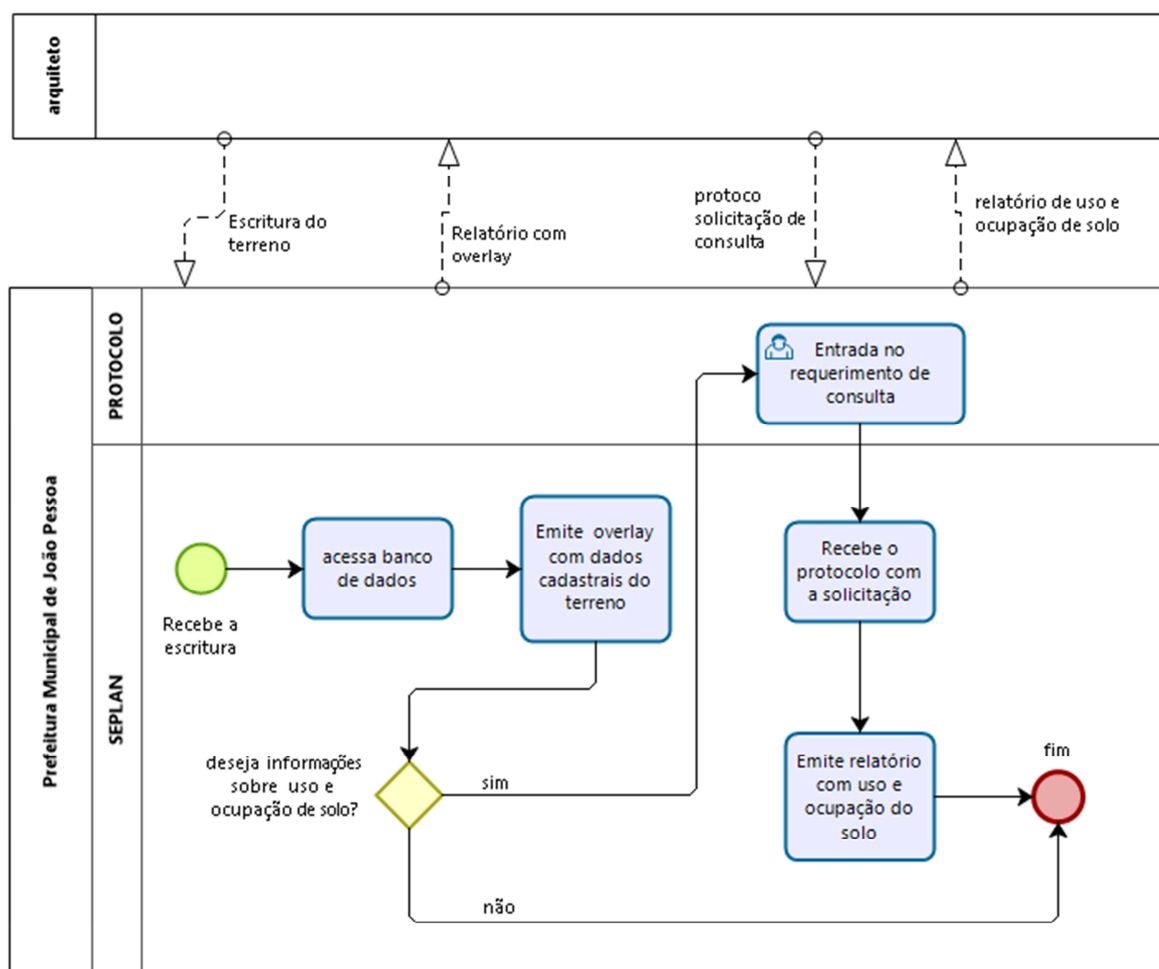
Não sendo presencialmente, resta ao cidadão a consulta direta às legislações disponíveis no site da prefeitura através do endereço eletrônico da secretaria de planejamento <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/>. Os arquivos disponíveis encontram-se em formato digital (PDF); dentre eles está o plano diretor da cidade, alguns decretos e códigos. O serviço chamado “Jampa em Mapas”, apresentado nos referências da pesquisa se encontra acessível nesse link, onde se tem contato com a plataforma interativa da ferramenta bem como Geoimagens, fotogrametrias, diversos mapas temáticos, mapas em formato CAD e *shapefile* de setores da cidade. Constatou-se que não há nenhum tipo de cartilha que oriente o

cidadão para guiar a consulta aos vários documentos existentes onde é necessário baixar um a um para tomar conhecimento do seu conteúdo, e compreender como cada um deles informa e prescreve dentro dos seus formatos, o uso e ocupação do solo na cidade.

Foi realizada a busca isoladamente da palavra “ocupação”, mas não foi classificada junto aos demais visto à grande variedade de aplicações dela no texto.

Tendo sua primeira estrutura legal a partir da lei nº 2.102 em dezembro de 1975, o atual documento do código de urbanismo (BRASIL, 2001) teve sua publicação em 2002, apesar de conter, no seu texto, dois decretos de 2005. Nele, tem-se acesso aos instrumentos legais sancionados durante seus processos de revisão, sendo eles 9 (nove) leis, 11 (onze) decretos e 6 (seis) portarias. Trata-se, portanto, de um documento que é uma compilação de instrumentos legais que compõe sua criação.

Figura 16 - Consulta Presencial a PMJP



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Naturalmente, não há como mensurar e identificar precisamente a sequência e quantidade de documentos que um cidadão poderá consultar a partir da análise documental.

Trata-se da formulação de uma hipótese, e, portanto, a modelagem do processo de consulta ao código, apresentada como resultado da análise, é realizada com base na localização de artigos do código que foram caracterizados como *prescritivos* uma vez que determinam uma ação que direciona explicitamente ao cálculo dos índices urbanísticos ou caracterizados como *dedutivos* quando for uma etapa não explícita no texto, mas que certamente poderá fazer parte do processo descrito.

Como ponto de partida para identificar a estrutura do processo, usou-se como referência o processo identificado na consulta presencial, que finaliza com a localização de informações relacionadas ao uso e ocupação do solo. A leitura flutuante foi iniciada com a busca por palavras-chave através do recurso de “localização” disponível em formatos PDF. A NBR 6505 classifica 13 tipos de índices urbanísticos dentre os quais foi feito o uso de “taxa de aproveitamento” e “taxa de ocupação” para a pesquisa nos documentos. A tabela 08 apresenta o resultado da coleta de dados onde vemos as palavras-chave agrupando os termos associados na forma como foram encontrados no texto.

Há uma predominância de citação dos termos no texto da lei nº 2.102/75 que é a base dos textos do código composto por 337 artigos. O termo “taxa de aproveitamento” descrito na NBR 6505, só foi encontrado uma vez, sendo esse mais usado como coeficiente ou índice de aproveitamento, que segundo descrito no glossário – anexo 6 tem a mesma definição encontrada na norma técnica, e foi localizado em meio a 7 documentos sendo os capítulos que discorrem sobre o uso, ocupação do solo e o local de sua recorrência mais frequente (capítulo III e IV da lei 2.102/75). O termo “**índice urbanístico**”, é visto 5 (cinco) vezes ao longo do texto, distribuído em 3 documentos, um decreto de 2005 que estabelece instruções normativas de aprimoramento da legislação vigente, uma portaria de 1989 que cria uma sistemática para tramitação e expedição de alvará de licença para edificações populares, e, num tópico das observações existentes na tabela da Zona: ZEP2 (zona especial de preservação dos grandes verdes 2). A taxa de ocupação foi localizada tal qual é descrita na norma, bem como sua definição encontrada no glossário do código em meio a 6 (seis) dos instrumentos legais.

Ao total, foram encontradas informações relativas aos índices urbanísticos em 46 (quarenta e seis) artigos distribuídos em 10 instrumentos legais. Na sequência, foi realizada a leitura desses artigos a fim de localizar se havia referência a consulta a outros documentos que não fossem os existentes dentro do código de urbanismo. Essa compreensão permitiu identificar o fluxo de informação através de ambientes distintos.

Tabela 08: Quantitativo de palavras-chave por artigo

| Quantidade por artigo             |                                        | C_URB_documento_nome |                      |                    |                    |                        |                        |                        |                        |                        |                        |             |
|-----------------------------------|----------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| C_URB-<br>nome_busca              | C_URB-<br>nome_busca_<br>associado     | PORTARIA<br>Nº 01/89 | PORTARIA<br>Nº 01/88 | LEI Nº<br>4.214/83 | LEI Nº<br>2.102/75 | DECRETO<br>Nº 5.285/05 | DECRETO<br>Nº 4.225/01 | DECRETO<br>Nº 1.632/87 | DECRETO<br>Nº 1.462/85 | DECRETO<br>Nº 5.363/05 | DECRETO<br>Nº 3.793/99 | Total geral |
| Aproveita-<br>mento               | aproveitamento                         |                      |                      |                    | 3                  |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 3           |
|                                   | coeficiente de<br>aproveitamento       |                      |                      |                    | 6                  | 1                      | 1                      |                        | 1                      |                        |                        | 9           |
|                                   | índice de<br>aproveitamento            |                      |                      | 1                  | 2                  |                        | 2                      | 1                      |                        |                        |                        | 6           |
|                                   | índice de<br>aproveitamento<br>máximo  |                      |                      | 1                  | 2                  |                        |                        |                        |                        | 1                      |                        | 4           |
|                                   | índices de<br>aproveitamento           |                      | 1                    |                    |                    |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 1           |
|                                   | taxas de<br>aproveitamento             |                      |                      |                    | 1                  |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 1           |
| Aproveita-<br>mento Total         |                                        |                      | 1                    | 2                  | 14                 | 1                      | 3                      | 1                      | 1                      | 1                      |                        | 24          |
| Índices<br>urbanísticos           | cálculo dos<br>índices<br>urbanísticos | 2                    |                      |                    |                    |                        |                        |                        |                        |                        |                        | 2           |
|                                   | índices<br>urbanísticos                |                      |                      |                    | 1                  | 2                      |                        |                        |                        |                        |                        | 3           |
| Índices<br>urbanísticos<br>Totais |                                        | 2                    |                      |                    | 1                  | 2                      |                        |                        |                        |                        |                        | 5           |
| Taxa de<br>ocupação               | taxa de<br>ocupação                    |                      | 1                    |                    | 8                  |                        |                        | 2                      | 1                      | 3                      | 1                      | 16          |
| Taxa de<br>ocupação<br>Total      |                                        |                      | 1                    |                    | 8                  |                        |                        | 2                      | 1                      | 3                      | 1                      | 16          |
| <b>Total geral</b>                |                                        | <b>2</b>             | <b>2</b>             | <b>2</b>           | <b>23</b>          | <b>3</b>               | <b>3</b>               | <b>3</b>               | <b>2</b>               | <b>4</b>               | <b>1</b>               | <b>45</b>   |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Após leituras flutuantes aos documentos, partir-se-á do pressuposto de que o Código de urbanismo é o documento que deverá ser consultado para conhecer os tipos de uso do solo definidos pela legislação uma vez que é nele onde se encontrou descrita sua caracterização. Foram estruturadas as informações localizadas nesses artigos a fim de compreender a sequência de ações que representariam a execução da atividade de identificação do uso e ocupação do solo (Tabela 09).

Essa estruturação resultou em 12 (doze) tarefas que correspondem às ações que vão desde o acesso aos documentos até a emissão e entrega do relatório final. Desses, 8 (oito)

foram identificados como prescritivos, tendo portando um artigo como referência. Além do código de urbanismo, percebeu-se a necessidade de passagem por pelo menos mais 5 ambientes para realizar as atividades, sendo eles o documento do Plano diretor, os anexos 8 e 9 (que são disponibilizados separadamente do código), o site da prefeitura e a plataforma Jampa em Mapas. Uma série de observações foi realizada para se chegar a esse resultado. Na lei nº 2.102/75, lê-se:

Art. 166 - O zoneamento de uso deste Município adota a classificação de usos do solo constante do Anexo 8 desta lei, válida para os terrenos, quadras, lotes, edificações e compartimentos.

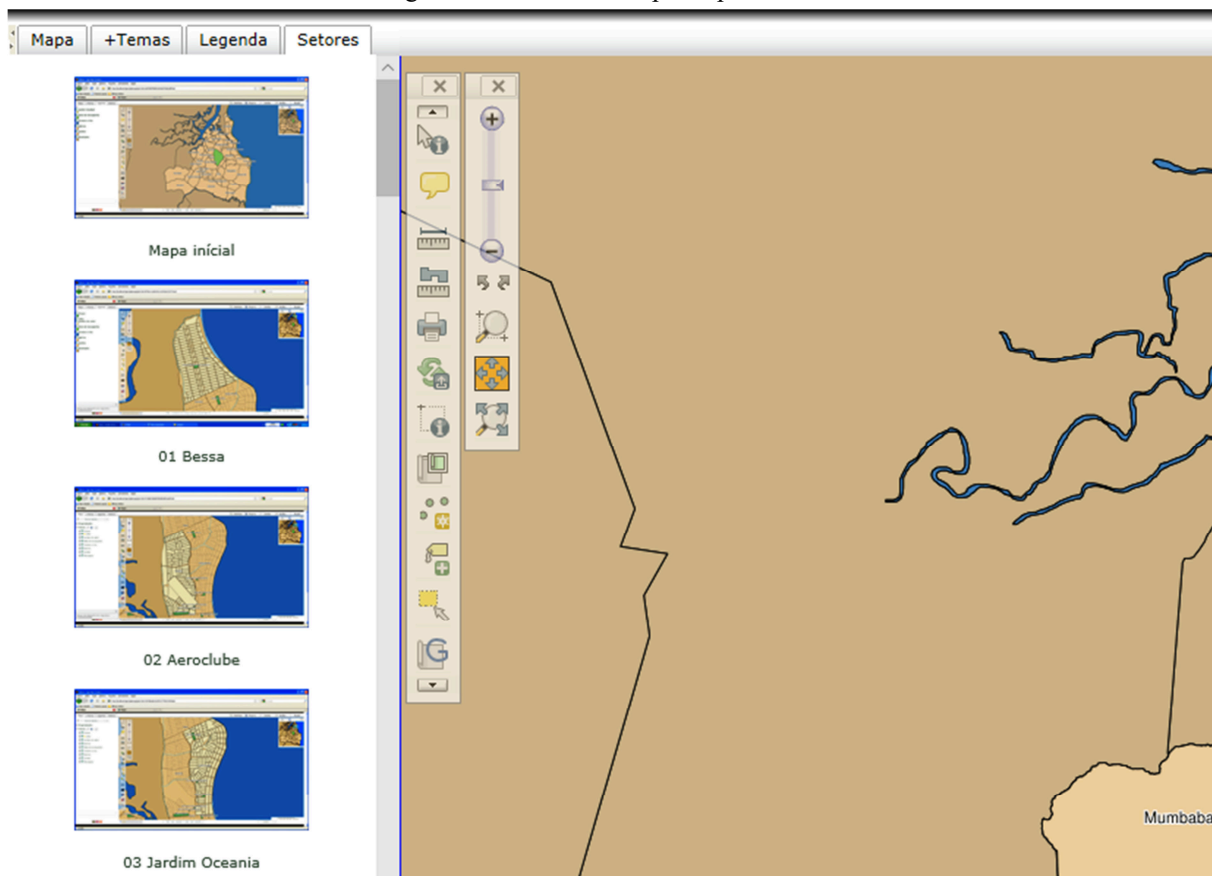
§ 1º - Os terrenos, quadras, lotes, edificações e compartimentos só poderá ser utilizados para os diversos usos previstos neste artigo desde que estejam em concordância com as prescrições estabelecidas pelo zoneamento de uso das áreas em que estiverem incluídos. (JOÃO PESSOA, 2001)

Para saber se o terreno está, portanto, incluso num determinado zoneamento é necessário chegar à localização de seu endereço no mapa temático anexo ao código, onde o artigo 169 da lei nº2.102/1975 diz que, “a delimitação de cada zona ou setor é fixada na planta oficial denominada Planta de Zoneamento de Uso do Solo da Área urbana e de Expansão Urbana do município de João Pessoa” que a partir do decreto municipal nº5.285/2005 último passa a ser chamado Mapa de Uso e ocupação do solo da cidade de João Pessoa. A consulta ao mapa revelou o fato de que não está descrito o endereço de todas as ruas da cidade o que direciona uma tarefa para ser realizada através de outro mecanismo, caso ele seja algum dos que não estão no mapa. Fez-se, portanto, um teste de uso da plataforma Jampa em Mapas que funciona em ambiente webGIS, mas não foi encontrado um recurso de localização direta através do nome do endereço.

Há, na página inicial, o atributo da ferramenta chamada “Mapa” que organiza, por camadas, alguns mapas temáticos, dentre eles o de “Bairros”, no entanto, só dá acesso visual ao perímetro deles. Foi através de outro atributo “Setores”, que se conseguiu localizar vários endereços que não constavam no mapa de zoneamento urbano da cidade (Figura 17).

Não foi aplicado nenhum teste de verificação para checar se constam todos os endereços da cidade. O atributo disponibiliza os mapas dos bairros através de uma lista de imagens permitindo reconhecer o bairro visualmente ou através da legenda com o nome dele, e organizados numa sequência numérica e não alfabética, o que causou a percepção de retardo no tempo de consulta tornando ineficiente a tarefa.

Figura 17 - Interface Jampa maps - Setores



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Tabela 09: Caracterização do processo de consulta ao uso e ocupação do solo

| Variável                 | O que?                                                             | Método      | Ambiente                  | Capítulo            | Seção                 | Subseção                                        | Artigo      |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|-------------|
|                          | Acessar os documentos legais                                       | Dedutivo    | <b>Site da prefeitura</b> |                     |                       |                                                 |             |
| Zoneamento urbano        | Localizar o endereço do terreno                                    | Prescritivo | LEI N° 2.102/1975         | IV - Uso do Solo    | I - Zoneamento de Uso | I - Classificação dos usos                      | 166         |
|                          | Encontrar endereço do terreno no mapa de zoneamento                | Prescritivo | ANEXO                     |                     |                       |                                                 | Anexo 8     |
|                          | Recuperar endereço do terreno em mapa cartográfico                 | Dedutivo    | Jampa em mapas            |                     |                       |                                                 |             |
|                          | Identificar se o endereço está numa zona urbana                    | Prescritivo | LEI N° 2.102/1975         | IV - Uso do Solo    | I - Zoneamento de Uso | II - Delimitação de Zonas e Setores             | 167<br>169  |
|                          | Identificar o nome do Zoneamento Urbano                            | Prescritivo | ANEXO                     |                     |                       |                                                 | Anexo 8     |
| Uso Permitido            | Recuperar dados do uso permitido                                   | Prescritivo | LEI N° 2.102/1975         | IV - Uso do Solo    | I - Zoneamento de Uso | III - Dos Usos Permitidos Tolerados e Proibidos | 174         |
| Uso Permitido            | Identificar tipo de uso permitido                                  | Prescritivo | ANEXO                     |                     |                       |                                                 | Anexo 9     |
| Índice de Aproveitamento | Recuperar o nome da macrozoneamento                                | Prescritivo | ANEXO                     |                     |                       |                                                 | Anexo 9 (4) |
| Índice de Aproveitamento | Identificar o valor do índice de aproveitamento da macrozoneamento | Prescritivo | Plano diretor             | I - Macrozoneamento | II - Da área urbana   |                                                 | 8 ao 10     |
|                          | Compilar e organizar as informações                                | Dedutivo    | Editor de texto           |                     |                       |                                                 |             |
|                          | Entregar Relatório                                                 | Dedutivo    | Editor de texto           |                     |                       |                                                 |             |

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

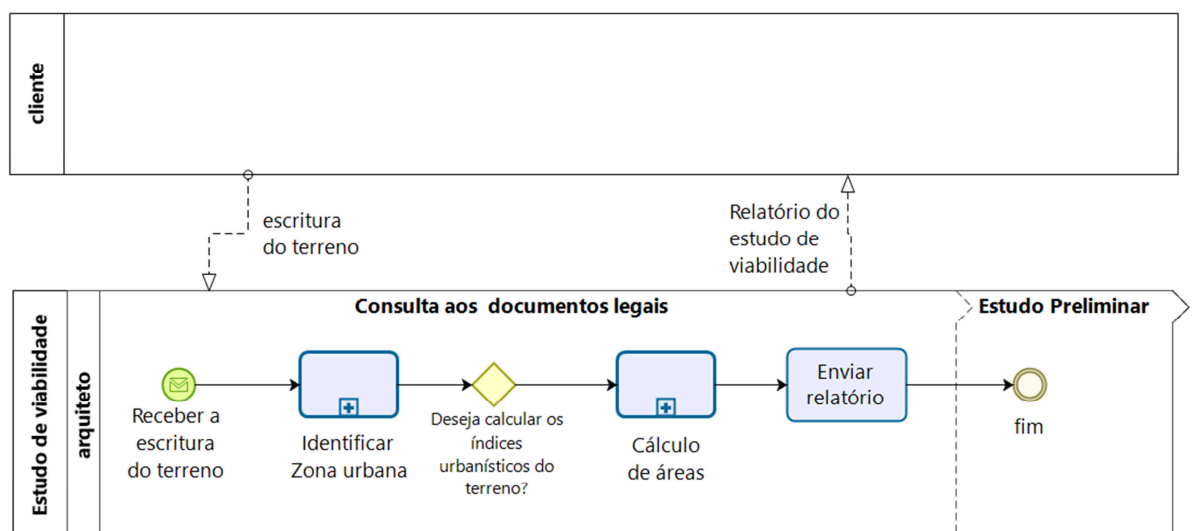


O Anexo 9, ao qual o código se refere, compreende uma sequência de tabelas onde cada uma correspondente às zonas urbanas da cidade. Das 24 zonas urbanas, 14 apresentam, junto a sua tabela, uma lista de observações recomendadas onde uma delas sugere a consulta a artigos específicos do plano diretor para identificar o valor de referência para o índice de aproveitamento máximo. Esse grupo de tarefas se encerraria com a compilação dessas informações e a emissão de um relatório.

A partir desse ponto, compreende-se que se inicia outra atividade do processo de consulta com um novo ciclo de tarefas onde seria realizado, de fato, o cálculo dos índices urbanísticos. Juntas, as 2 atividades formam as etapas-chave para o processo de consulta extraído do código de urbanismo como resultado da análise documental da pesquisa (Figura 18).

Quanto à estruturação das observações resultantes da identificação das tarefas existentes nessa segunda etapa, pôde-se destacar o uso do Anexo B (tabelas de zoneamento) tendo, como a base, dados numéricos para os cálculos. Observando a estrutura das tabelas de zoneamento é possível identificar que suas variáveis estão divididas duas categorias: Terreno e Edificação. Dessa forma, foi definido o início de uma outra etapa do processo de consulta. A Tabela 10 mostra que a caracterização do processo acontece basicamente usando o ambiente da lei 2.102/75.

Figura 18 - Descrição do processo de consulta ao código para cálculo de índices urbanísticos



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Tabela 10: Caracterização do processo de consulta para cálculo de áreas

| Variável (o que)         | Como?                                           | Método      | Ambiente          | Capítulo                      | Seção                          | Subseção                                            | Artigo | Par. | Inciso |
|--------------------------|-------------------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|--------|------|--------|
|                          | Calcular índices urbanísticos                   | Dedutivo    |                   |                               |                                |                                                     |        |      |        |
|                          | Recuperar indicadores na tabela do zoneamento   | Dedutivo    | Anexo 9           |                               |                                |                                                     |        |      |        |
|                          | Desenhar a geometria do terreno                 | Prescritivo | LEI N° 2.102/1975 | IV - Uso do Solo              | II - Das Edificações nos Lotes | I - Lotes Próprios para edificar                    | 180    |      |        |
| Taxa de ocupação         | Calcular a área do terreno                      | Prescritivo | LEI N° 2.102/1975 | III - Ocupação do solo Urbano | I - Parcelamento do Solo       |                                                     | 90     |      |        |
|                          | Desenhar geometria do edifício                  | Dedutivo    |                   |                               |                                |                                                     |        |      |        |
|                          | Aplicar os recuos prescritos para os pavimentos | Prescritivo | LEI N° 2.102/1975 | IV - Uso do Solo              | II - Das Edificações nos Lotes | II - Relacionamento entre as edificações e os Lotes | 183    |      |        |
| Taxa de ocupação         | Calcular área de projeção ortogonal do edifício | Prescritivo | LEI N° 2.102/1975 | IV - Uso do Solo              | II - Das Edificações nos Lotes | II - Relacionamento entre as edificações e os Lotes | 182    |      | II     |
| Índice de aproveitamento | Calcular área total de construção               | Prescritivo | LEI N° 2.102/1975 | IV - Uso do Solo              | II - Das Edificações nos Lotes | II - Relacionamento entre as edificações e os Lotes | 182    |      | I      |
|                          | Compilar e organizar as informações             | Dedutivo    | Tecnologia CAD    |                               |                                |                                                     |        |      |        |
|                          | Entregar Relatório                              | Dedutivo    | Tecnologia CAD    |                               |                                |                                                     |        |      |        |

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Há uma sequência lógica de uso desses dados, pois as variáveis da edificação só poderão ser verificadas depois de checadas as variáveis do terreno, em que se verifica seu uso permitido e em qual zona urbana o terreno se encontra. Poder-se-ia dizer que essa é a regra, e as exceções são os artigos que vão surgindo ao longo do código, tratando das especificidades revisadas para alguns usos e zonas urbanas da cidade. Convencionou-se que não seria utilizado para análise dos dados essas exceções, visto que aumentaria exponencialmente o tempo de análise e estruturação das informações. Ou seja, como já foi dito, o processo de consulta aqui representado não é o caminho determinante, mas um caminho possível para a consulta a essa legislação.

Conhecer a forma do terreno, portanto, e a característica de suas fronteiras urbanas é indispensável para a realização dos cálculos dos índices. Por exemplo, de acordo com o art. 180 da lei 2.102/75, a identificação da posição da frente do lote, o ângulo interno formado por suas divisas deverá ser checado em lotes a serem considerados próprios para edificar.

Valendo-se de que já se tem acesso ao levantamento planimétrico do terreno em estudo, será iniciado com o cálculo de áreas que, nesse caso, será desenvolvido considerando os limites do terreno onde os valores dos afastamentos, quantidades de pavimentos da tabela de zoneamento etc., serão usados para que se tenha acesso à configuração geométrica que esses parâmetros gerarão para o espaço urbano em estudo. Ainda na lei nº 2.102/75 lê-se,

Art. 182 - As edificações lotes deverão ocupar área e espaço segundo os seguintes fatores condicionantes:

I - Coeficiente de aproveitamento do lote definido pela relação entre a soma das áreas de todos os pavimentos da construção nela permissíveis e a área total;

II - Taxa de ocupação do lote definida pela relação entre área de projeção ortogonal do edifício e a área do lote;

III - afastamentos frontal, laterais e de fundos, definidos pelas distâncias de edificação a cada uma das divisas do lote, sendo que o afastamento frontal é medido a partir do alinhamento existente ou projetado.

Em resumo, as tarefas tomam como base 4 artigos do código que nortearam a estruturação do processo. A tecnologia CAD entra como uma das deduções feitas para a execução das tarefas relacionadas ao desenho da geometria do terreno, da volumetria gerada a partir da aplicação dos recuos dos afastamentos prescritos, cálculos e para a compilação e emissão dos relatórios.

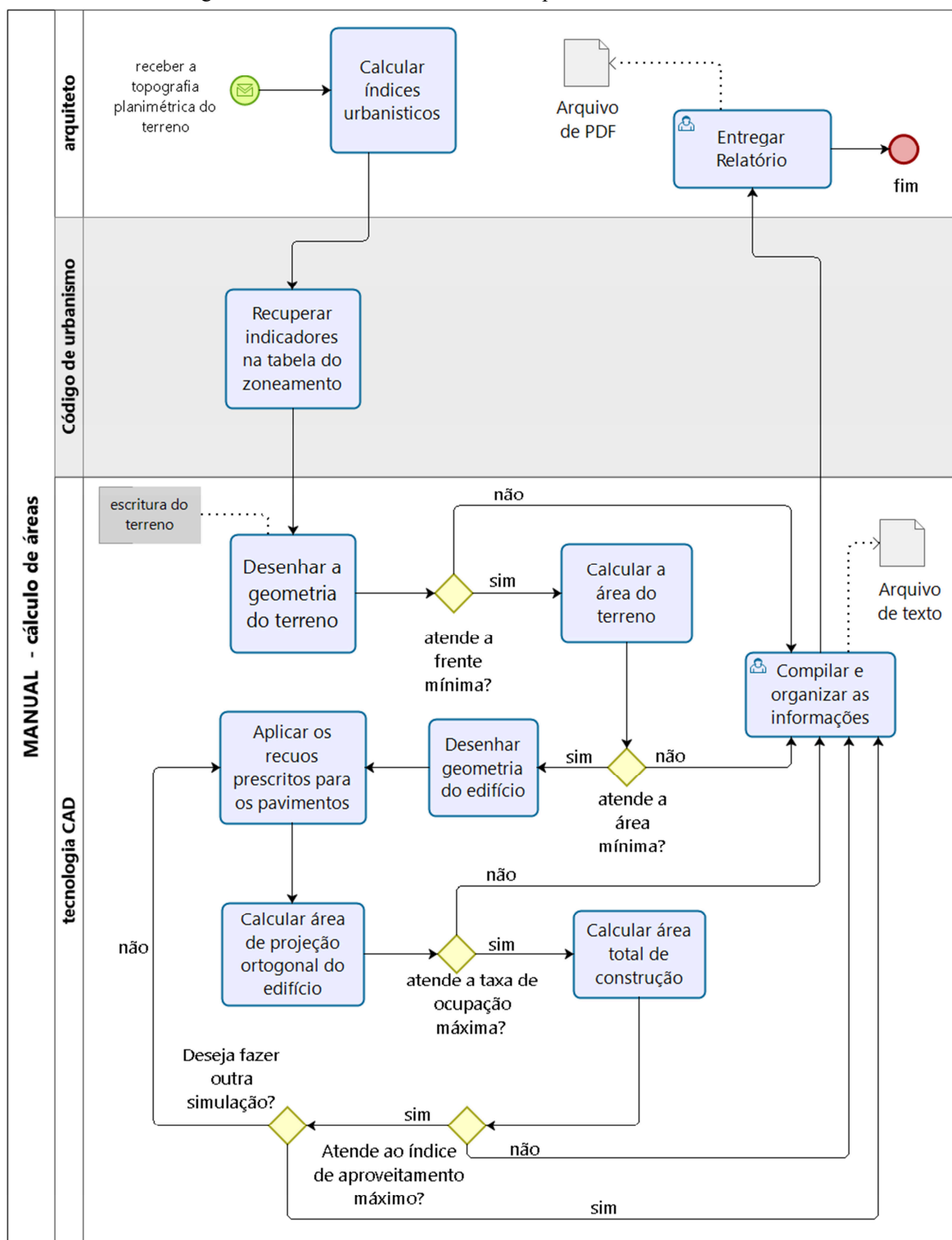
A Figura 19 ilustra, através de um diagrama, o fluxo das tarefas ao longo dos ambientes em que elas foram encontradas, ficando característico o uso de mapas temáticos e informações relacionadas a eles para encontrar as respostas às consultas desejadas. De forma

complementar, a Figura 20 ilustra a predominância do ambiente CAD como sendo passível de utilização para executar as tarefas que estavam previstas pelos artigos consultados.

Tem-se formulado, portanto, a descrição de um processo de consulta que pode ser usado como ponto de partida para verificação de cenários que permitam a tomada de decisões para diferentes tipos de uso permitidos numa dada zona, partindo da aplicação das variáveis numéricas existentes nas tabelas de zoneamento do Anexo B.

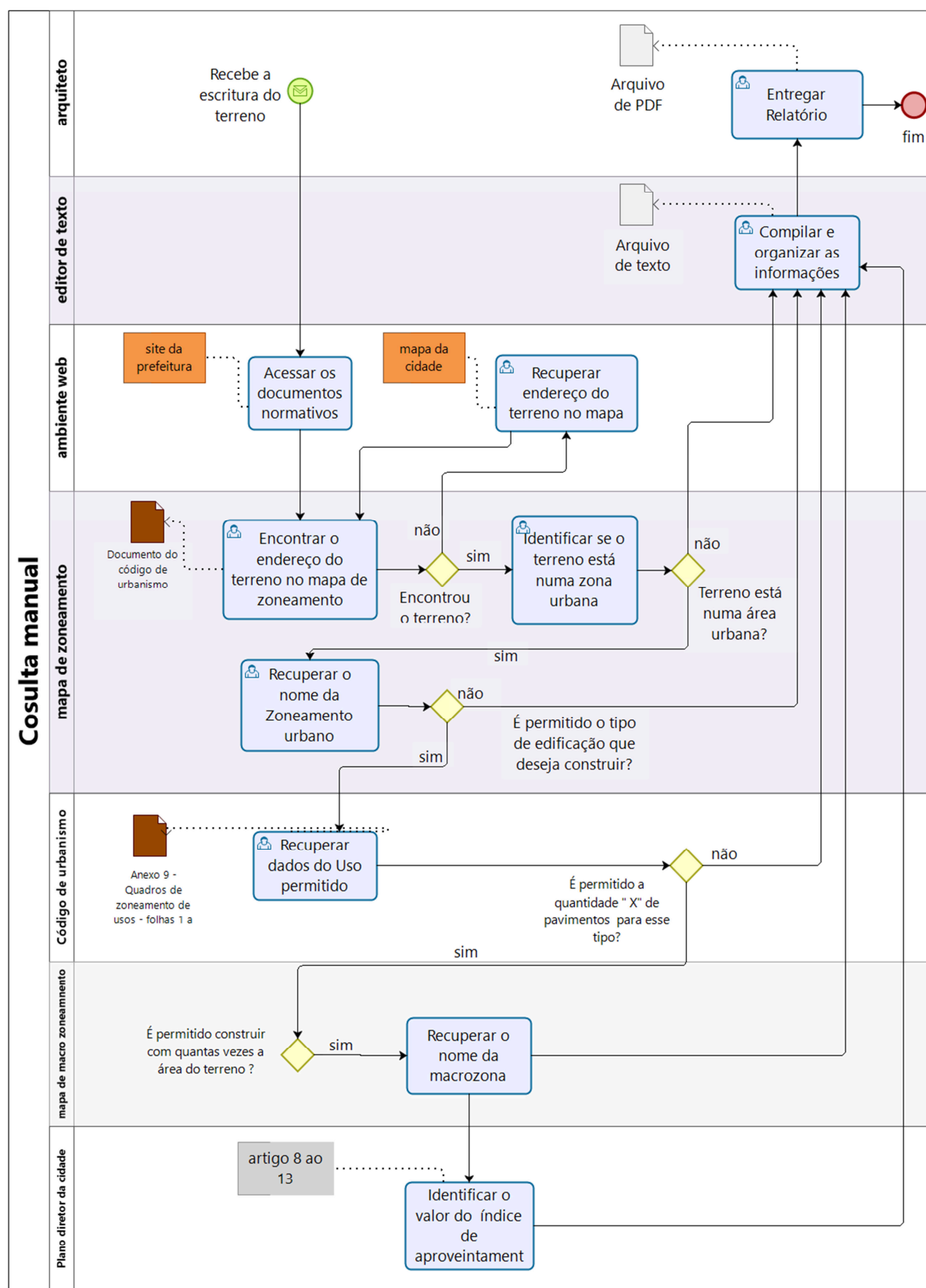
O capítulo seguinte apresentará os resultados obtidos da substituição dos ambientes aqui encontrados pelos ambientes das tecnologias BIM e GIS, e de que forma eles interferiram no tempo de consulta e na consistência dos dados extraídos pelos relatórios.

Figura 19 - Processo de consulta manual para cálculo dos índices urbanísticos



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Figura 20 - Processo de consulta manual ao zoneamento urbano



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

## 4.2 Modelo paramétrico do protótipo

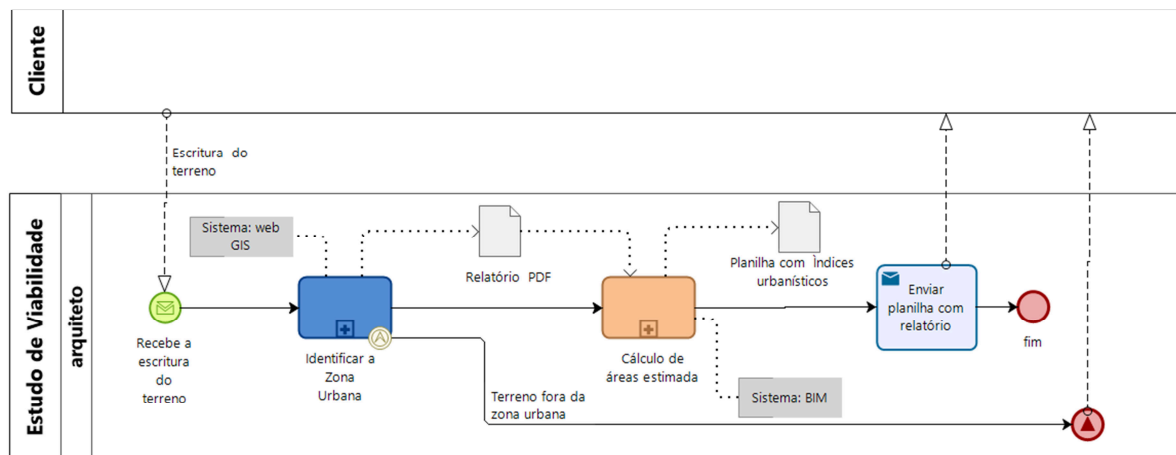
O conceito de prototipagem norteou o desenvolvimento do sistema partindo da construção de pequenas aplicações permitindo que sua evolução se dê num processo repetitivo e interativo onde a participação pode não se limitar somente aos de pesquisadores que estão envolvidos na sua criação mais também aos usuários finais (O'BRIEN, 2011, p. 326).

Esse capítulo apresenta o num primeiro momento a análise de um estudo piloto e em seguida é apresentada os resultados obtidos nas etapas de refinamentos realizadas na sequência do seu desenvolvimento. Tendo como foco da discussão, as características de automação dos processos alcançadas através de cada um dos ambientes das tecnologias testadas na implementação, compreende-se essas características como sendo os atributos necessários ao desenvolvimento de um sistema de verificações automáticas apresentados segundo Eastman et al (visto na Figura 05) no referencial teórico.

A coleta de dados anterior resultou na descrição de uma estrutura mínima capaz de gerar informações relativas às duas atividades de caráter consultivo e identificadas como fundamentais para o início do processo de produção que antecede um estudo de viabilidade para um terreno urbano: a identificação de sua zona urbana e cálculo de áreas estimadas.

A partir desses resultados, definiu-se a estratégia para o desenvolvimento onde a tecnologia GIS em ambiente web e a tecnologia BIM através do software Revit architecture ficaram cada uma com uma das atividades a fim de testar suas capacidades de automação as quais terão seus resultados apresentados mais adiante (Figura 21). Ao final serão apresentados testes realizados para verificar a interoperabilidade entre as tecnologias na tentativa de identificar um fluxo contínuo de automações entre elas. Algumas inconsistências foram encontradas na exportação de dados de GIS para BIM o que permitiu fazer algumas reflexões sobre as possíveis relações de intercâmbio de dados entre essas tecnologias.

Figura 21 - Fluxograma do protótipo para o sistema proposto para o estudo piloto



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.2.1 Estudo piloto

A partir da caracterização do processo de consulta realizada na análise documental apresentada, pôde-se, portanto, definir os requisitos básicos que seriam testados na implementação das tecnologias nos processos descritos caracterizados pela pesquisa. Os dados das tabelas existentes no Anexo 9 da lei ° 2.102/79 foram a base de dados inicial utilizada no desenvolvimento. O Anexo 9 já apresenta uma estrutura que organiza as variáveis correspondentes aos índices urbanísticos de cada zona urbana, e elas se tornam assim, o ponto de partida. Os requisitos definidos para os testes do protótipo do sistema foram, assim, as variáveis existentes nas tabelas.

A Tabela 11 resume a estrutura de desenvolvimento onde estão destacados quais requisitos foram testados e quais as características que foram adquiridas em cada uma das etapas desenvolvidas no estudo piloto. O requisito que foi testado no ambiente webGIS foi analisado para se **identificar o nome da zona urbana**; por outro lado, no ambiente BIM, foram testados os requisitos determinantes para se **identificar o uso permitido** na zona urbana, **calcular a taxa de ocupação** e **calcular o índice de aproveitamento**.



Tabela 11: Análise do desenvolvimento do estudo piloto

|     |                                                    | Etapa do projeto                                  | ESTUDO PILOTO                           |                                   |                                                 |                             |                                     |
|-----|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
|     |                                                    |                                                   | Identificar o nome do Zoneamento Urbano | Identificar tipo de uso permitido | Identificar o valor do índice de aproveitamento | Calcular a taxa de ocupação | Calcular o índice de aproveitamento |
|     |                                                    | Regras para checagem                              |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | ambiente de checagem de regras                    | GIS                                     | BIM                               | BIM                                             | BIM                         | BIM                                 |
| 1   | interpretação de regras                            |                                                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 1.1 | Método de tradução das regras escritas             | por um programador                                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | usando "predicate logic"                          |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 1.2 | Foi desenvolvida ontologia de nomes e propriedades |                                                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 1.3 | Codificação das regras em                          | código em computador                              |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | tabelas paramétricas                              |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 2   | preparação do modelo do edifício                   |                                                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 2.1 | suporte para vista do modelo                       | Derive implicit properties using enhanced objects |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | Derive new models                                 |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | Performance-based model and integrated analysis   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 2.2 | visibilidade do layout das regras                  |                                                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 3   | execução das regras: processamento e checagem      |                                                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 3.1 | pré-checagem da syntax do "model view"             |                                                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 3.2 | gerenciar a submissão de vistas para integralidade | checar consistência das submissões de vistas      |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | Checar a integridade da regra                     |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 4   | Relatório com resultados                           |                                                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 4.1 | reference to source rule                           |                                                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |
| 4.2 | Reportar graficamente                              |                                                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

#### 4.2.1.1 Ambiente webGIS: localização de zona urbana

a) protocolo de testes;

- interpretação de regras: O atributo correspondente ao método de tradução das regras descrita foi realizado manualmente. A tabela 12, descreve os componentes existentes nessa regra e o critério para sua validação que orienta a preparação do sistema o qual deverá ser capaz de identificar a área poligonal da zona urbana (ZU) e a área poligonal do terreno (T).

Tabela 12: Regra de validação – zoneamento urbano

| Documento                | Lei 2.102/1975                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Artigo                   | Art. 167 - Para disciplinar a distribuição dos usos previstos, as áreas urbanas e de expansão urbana deste município ficam decididas em zonas.<br>§ 1º - Entende-se por zona uma parcela de território em cujo interior todos os terrenos, quadras, lotes, edificações e compartimentos, em suas áreas e espaços, ficam restritos a usos idênticos ou compatíveis entre si, observadas as prescrições desta lei. |
| Descrição                | Regra de validação do posicionamento de uma área poligonal de um terreno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Objeto de validação      | Área poligonal do terreno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Representação matemática | $T \subset ZU$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Objetos relacionados     | Perímetro da zona urbana ( <b>ZU</b> )<br>Perímetro do terreno ( <b>T</b> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Texto da regra           | T deve estar contido em ZU, portanto, se T estiver em ZU a afirmativa é <b>verdadeira</b> ; se não, é <b>falsa</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

O primeiro experimento de automação foi realizado quanto ao atributo “Codificação de regras” que, conforme descrito no capítulo da coleta de dados, teve suporte na linguagem Python, a qual interagiria com um banco de dados espaciais. Dentre os vários bancos de dados disponíveis gratuitamente, foi escolhida a API do *Google Maps* para dar suporte à localização do endereço do terreno.

b) preparação do modelo do edifício;

Utiliza-se, aqui, essa terminologia “modelo do edifício” para fazer referência à descrição da estrutura de coleta de dados definida, no entanto, não foi identificada a necessidade de um modelo do edifício para validar esse requisito. A preparação de informações relacionadas a um modelo geométrico se limitou ao desenho bidimensional dos polígonos correspondentes às zonas urbanas e ao terreno a que se desejasse consultar. A automação foi experimentada quanto à “derivação implícita de propriedades usando objetos aprimorados”, sendo assim, foi utilizado o software gratuito QGIS para a modelagem do perímetro das zonas urbanas que teve sua posição georeferenciada ao DATUM<sup>13</sup> do google maps, tendo sido modelados, hipoteticamente para esse estudo piloto, os shapefiles correspondentes às áreas de 5 zonas urbanas que continham, implícitas, a propriedade de “nome” (Zonas A, B, C, D e E), como mostra Figura 22.

<sup>13</sup> Sistema de referência de coordenadas cartesianas

Figura 22 - Estudo piloto – modelagem no ambiente webGIS

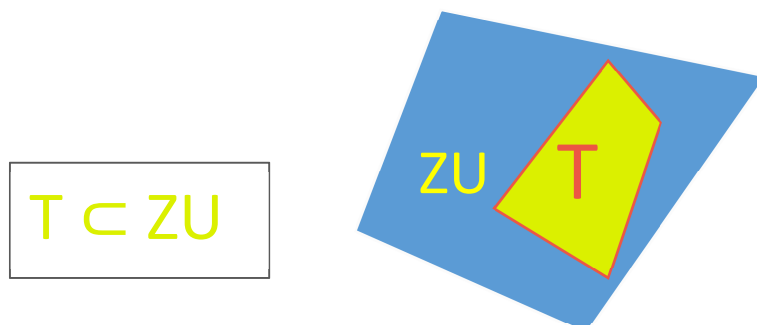


Fonte: Dados da pesquisa (2019)

### c) Execução das regras

Para a execução da regra foi definido como input de dados o desenho do perímetro do terreno sobre o mapa, sendo assim, este seria informada pelo usuário cujo objetivo consistiria em extrair a área do terreno consultado, e uma vez que estivesse contida na área da zona urbana (Figura 23) seria realizada a verificação.

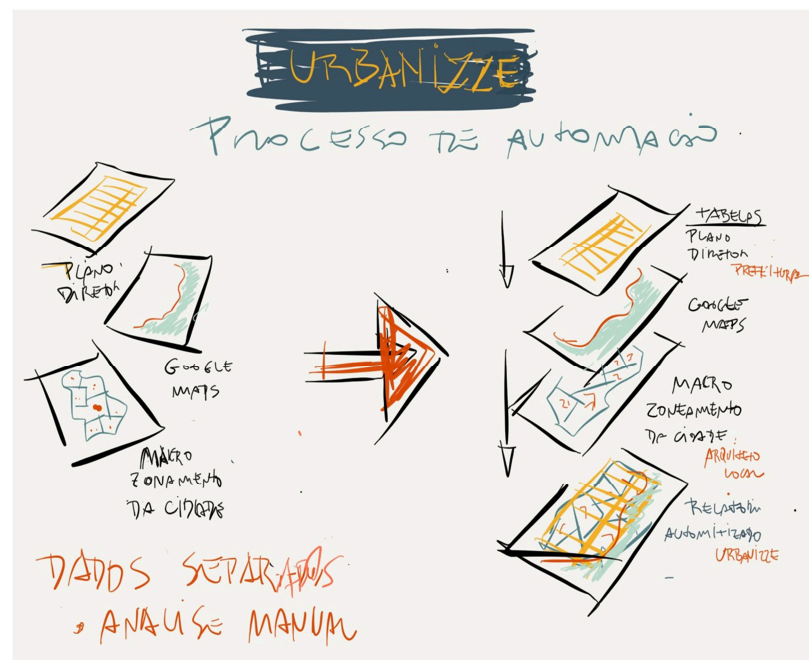
Figura 23 - Regra de validação - Identificação de uma Zona urbana



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O uso do conceito de camadas de informações sobrepostas que é base da estrutura de dados de um sistema informações geográficas permitiu (conforme ilustração da Figura 24) a busca pelo endereço do terreno e a identificação da zona urbana num mesmo sistema, eliminando a necessidade de consulta a documentos separadamente. No entanto, a atividade de localização do endereço ainda aconteceu manualmente, pois, apesar de ter sido usada a base de dados do google maps, ela não estava com o recurso de visualização dos nomes das ruas disponíveis, o que ainda não demonstrou uma possível diminuição no tempo de busca e tampouco sua consistência. Faz-se necessário um refinamento a fim de implantar um atributo de busca automática do endereço.

Figura 24 - Ilustração da transição do processo de análise manual para uma verificação automática



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

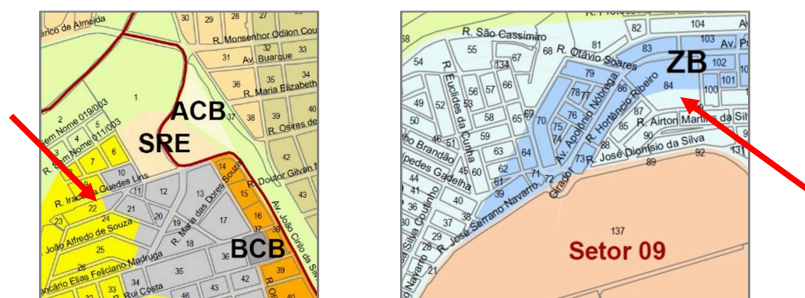
Após uma sequência de testes, o sistema conseguiu recuperar o nome da zona urbana que continha a área de um terreno desenhado pelo usuário atingindo o objetivo principal da automação. No entanto, quando o terreno desenhado pelo usuário estava fora do perímetro das zonas urbanas existentes, o sistema dava um erro por não ter dados para fazer a verificação. Ficou evidente, portanto, a necessidade de um refinamento explorando o atributo de “precheagem da syntax do modelo view” para que, logo após a conclusão do desenho, o sistema já verifique se será possível realizar a checagem caso o terreno esteja “dentro de uma área urbana”.

Um problema identificado está relacionado ao pertencimento da área do terreno a “mais de uma zona”. Não foi considerada no desenvolvimento do sistema por se entender que foi considerada como dúvida/omissa pelo código de urbanismo sobre esse ponto. Ele não deixa expresso qual zona urbana considerar para efeito de verificação do uso permitido ou de cálculo das áreas estimadas sobre as quais se deseja realizar nessa situação. Não foi realizada uma checagem completa em todas as zonas urbanas da cidade que permitisse realizar uma contagem, mas através de uma prospecção visual sobre o mapa de zoneamento em busca desses casos-tipo verificou-se a existência de alguns, restando fazer uma verificação para checar se correspondem a uma minoria das quadras urbanas.

Na Figura 25, temos 2(dois) exemplos, um no bairro Castelo Branco e outro no Altiplano nos quais se ilustra essa situação segundo a qual algumas quadras estão contidas em duas zonas. De acordo com art. 171 do código, vemos que os limites das zonas são definidos por vias, porém, são definidas algumas especificidades:

Art. 171 - os limites das zonas são definidos por vias. § 1º - Na inexistência de vias, ou não inconveniência de sua utilização para limites, a delimitação poderá ser feita por: (103) a) linhas traçadas a partir de algum elemento tomado como parâmetro; b) obstáculos naturais existentes. § 2º - **No caso dos limites entre zonas comerciais e zonas residenciais consideram-se pertencentes à zona comercial os lotes que fazem frente para ambos os lados da via limítrofe, podendo o Poder Executivo regulamentar sobre os casos omissos.** (104) § 3º - As zonas comerciais eixo são definidas pelas vias correspondentes, considerando-se pertencentes a elas somente os terrenos que lhes fazem frente. (BRASIL, 2001)

Figura 25 - Quadras com mais de uma zona urbana



Fonte: Brasil (2001).

Nesse artigo da lei citado acima, temos um caso diferente onde o lote poderá ser considerado pertencente a mais de uma zona urbana. É a situação onde ele está locado com sua testada na via que faz limite com uma zona comercial, ou seja, mesmo que do outro lado da rua, e contido numa zona residencial, poderá ser considerada a zona comercial vizinha para definir seus usos permitidos. Essa característica não foi implementada no sistema do protótipo por não ter sido modelado o banco de dados podendo ser realizado em etapas de refinamento.

#### 4.2.1.2 Ambiente BIM: Cálculo de áreas estimadas

a) Protocolo de testes;

- objetivo: Calcular a taxa de ocupação e o índice de aproveitamento de um dado terreno urbano para um uso permitido num dado zoneamento a partir das variáveis dos índices urbanos existentes nas tabelas de zoneamento do Anexo 9, Lei nº 2.102/75.

b) Procedimentos;

- interpretação das regras. Objetivo: Codificar as regras de validação dos índices urbanísticos existentes nas tabelas de zoneamento do Anexo B para definir os tipos de parâmetros das Family types que serão utilizados. Resultado: Foi classificada manualmente (ver tabela 13) as características das variáveis dos índices urbanos contido nas tabelas de zoneamento existentes no Código de urbanismo de João Pessoa para estruturar o banco de dados que irá alimentar o sistema de verificações automáticas necessário a seu desenvolvimento. Constatou-se que em algumas zonas urbanas os valores encontrados são representados por fórmulas matemáticas que por possuir mais de uma variável, será necessário mais de um parâmetro das Family types para validar seus valores.

Tabela 13: Classificação da estrutura de dados da tabela de zoneamento

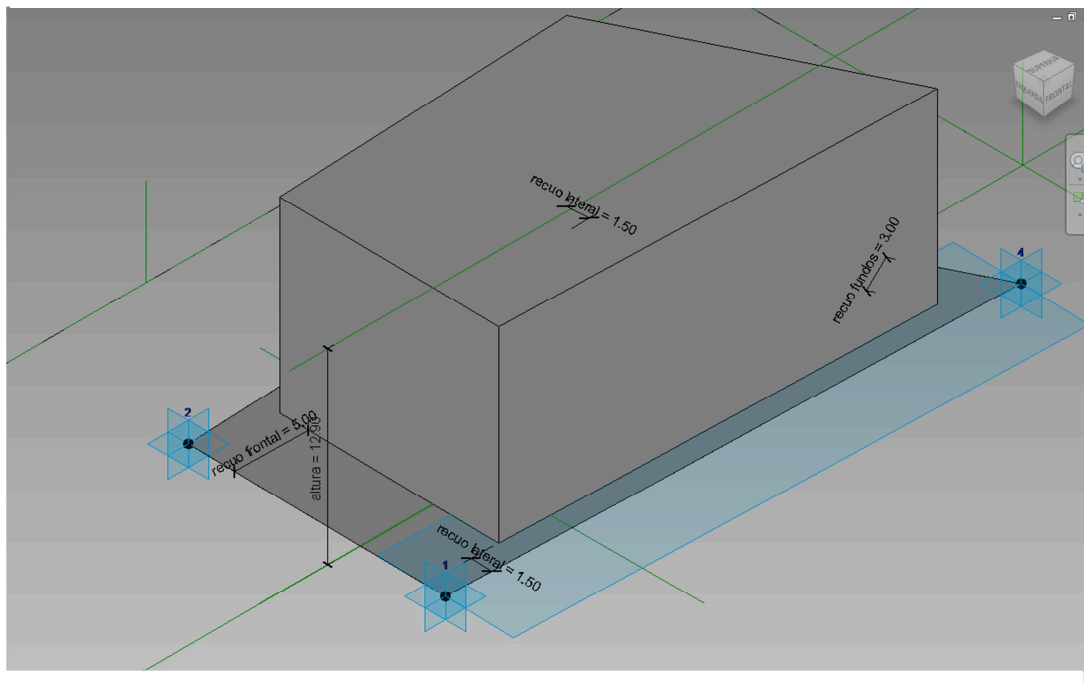
| PARÂMETROS | Zona Urbana | Terreno        |             |               | Edificação      |               |              |         |        |
|------------|-------------|----------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|---------|--------|
|            |             | Uso permitidos | Área mínima | Frente mínima | Ocupação máxima | Altura máxima | Afastamentos |         |        |
|            |             |                |             |               |                 |               | Frente       | Lateral | Fundos |
| tipo       | texto       | texto          | número      | número        | número          | número        | número       | número  | número |

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

- preparação do modelo do edifício. Objetivo: Derivar as propriedades de dimensões lineares usando como objeto a geometria de um terreno em qualquer formato poligonal para cálculo de áreas do edifício e do terreno. Procedimentos: De acordo com AUTODESK HELP (2015), existem 4 ambientes de projeto

conceitual que usam *template files* para requerimento de projetos específicos: o *mass*, *generic model pattern based*, *curtain panel pattern based*, e o *generic model adaptive*. Dentre os vários templates para desenvolvimento de famílias do Revit, foi escolhida a *Generic Model adaptive* para desenvolvimento dos testes. Observou-se o uso dos *adaptive points* para definição dos vértices do terreno e *reference points* para definir os vértices do edifício com aplicação de parâmetros restritivos para representar os afastamentos dos recuos definidos por cada uso permitido. No template de modelo genérico métrico adaptativo foram desenhadas cotas alinhadas nas quais foram atribuídos parâmetros Tipo Linear dos vértices da geometria do edifício (especializados através dos *reference points*) até as arestas da geometria do terreno (*reference lines*). Para que essas cotas representassem os valores fixos de algum afastamento dos recuos determinados por um uso permitido de uma zona, foi aplicada a função de *restrição de comprimento ou alinhamento* sobre elas. A característica de pontos adaptivos foi atribuída aos pontos de referência que definem os vértices da geometria do terreno (Figura 26).

Figura 26 - aplicação de pontos adaptivos e restrições de parâmetros



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

### c) Resultados;

Como resultado dessa aplicação, observaram-se limitações no uso da quantidade de pontos adaptativos quanto à sua aplicação a terrenos com diferentes quantidades de lados. O *template* da família permite a criação de infinitos pontos

adaptivos, no entanto, seu processo não é automático o que determinou limitações ao seu uso. Uma vez criado um polígono adaptivo, a família é carregada no ambiente de projeto e utilizada conforme sua configuração. Para qualquer alteração desejada nesse polígono seria necessário, por exemplo, retornar ao ambiente de criação da família para criar um novo ponto, retornar ao ambiente de projeto, e utilizá-la, resultando numa tarefa com várias ações. Observou-se que a dificuldade de uso se amplia ao considerar que, para cada vértice novo de um terreno, teria que ser realizado também todo o procedimento descrito para a aplicação de todos os afastamentos definidos pelo zoneamento em todos os pavimentos, o que resultaria numa longa sequência de ações manuais. Portanto, definiu-se uma superfície poligonal de quatro lados que representaria a configuração espacial mínima de um terreno, e, possivelmente, a de maior aplicabilidade no espaço urbano.

d) Execução das regras;

- objetivo: pre-verificação da sintaxe do “model view” das configurações espaciais urbanas de terrenos com 4 lados e dos valores da tabela de zoneamento como parâmetros das Family types.
- procedimentos: o teste consistia em aplicar a família de pontos adaptivos em ambiente de projeto para desenhar diferentes formatos de terreno de quatro lados. Paralelamente, aplicou-se aos parâmetros de cota, os valores de afastamentos de acordo com o uso permitido num zoneamento urbano. Por conveniência, foi escolhido para o experimento o uso permitido R1 da Zona residencial 1 (ZR1). Foi criado um parâmetro para cada um dos 3 tipos de afastamento descrito na tabela de zoneamento: Frente, Lateral e Fundos, portanto, a área da edificação seria resultante da aplicação dos recuos do uso permitido a ser consultado. A Tabela 14 mostra como foram testadas sua aplicação e combinações.



Tabela 14: Estudo piloto: estrutura de teste para execução de regras

| Atributo                 | Teste 01       | Teste 02            | Teste 03       | Teste 04            |
|--------------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Dados do parâmetro       | Parâmetro tipo | Parâmetro instância | Parâmetro tipo | Parâmetro instância |
| Propriedade do parâmetro | Valor          | Valor               | Formula        | Formula             |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

e) Resultado:

A partir das observações realizadas durante o processo de uso das famílias para desenhar as formas dos terrenos no ambiente de projeto, permitiu-se verificar que o próprio sistema de informações do software Revit já possui mecanismos de pre-verificação ao apresentar uma janela de alerta quando não é validado o uso da família adaptiva. Essa mensagem de erro aparece em duas situações distintas, sendo a primeira delas quando o formato do terreno de 4 lados não possui uma geometria poligonal convexa. Essa situação impede que os afastamentos que possuem suas cotas ancoradas nas arestas da geometria do terreno sejam aplicadas. O segundo ponto é quanto à sequência de ancoragem dos pontos durante o seu posicionamento sobre os vértices do levantamento topográfico do terreno. Durante o processo de criação dos pontos adaptivos no ambiente de famílias, o sistema cria um “número de referência” para cada um deles, e essa numeração é atribuída de acordo com a sequência de criação, podendo ser modificada, pois se trata de um atributo editável das propriedades “Componentes adaptivos” dos pontos adaptivos. Portanto, o usuário deve ficar atento à sequência dos pontos, caso contrário a família não será executada. O teste para aplicação dos valores da tabela de zoneamento como parâmetros das Family types permitiram observar que o atributo “Dado do parâmetro” apresentou resultados iguais, independente se ela é classificada com o Tipo ou Instância quanto ao uso do parâmetro no ambiente de projeto. A diferença foi verificada quando o valor era aplicado na propriedade “Valor” ou “Fórmula” da tabela de edição da Family type.

Basicamente, ao ser aplicado como Valor, o campo da informação fica em modo editável quando a família está carregada no ambiente de projeto o que permite, portanto, sua pre-verificação. Em modo contrário, ao aplicá-lo como fórmula o sistema trava o valor não podendo ser alterado no ambiente de projeto, pois o mesmo passa a ser dirigido pela fórmula definida (Figura 27). Revela-se assim a

capacidade do sistema de ter uma configuração prévia permitindo que uma única família seja capaz, por exemplo, de armazenar um banco de dados com os valores dos afastamentos de todos os usos permitidos e suas respectivas zonas urbanas.

Figura 27 - Editor de Family types

Tipos de famílias

Digite o nome: R1

Parâmetros de pesquisa

| Parâmetro                      | Valor                               | Fórmula | Bloquear                            |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------|-------------------------------------|
| <b>Construção</b>              |                                     |         |                                     |
| ZR1                            | <input checked="" type="checkbox"/> | =       |                                     |
| <b>Materiais e acabamentos</b> |                                     |         |                                     |
| material                       | MT                                  | =       |                                     |
| <b>Cotas</b>                   |                                     |         |                                     |
| AT                             | 200.0000                            | =       | <input type="checkbox"/>            |
| altura                         | 12.9000                             | =       | <input type="checkbox"/>            |
| recuo frontal                  | 5.0000                              | = 5 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| recuo fundos                   | 3.0000                              | = 3 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| recuo lateral                  | 1.5000                              | = 1.5 m | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Parâmetros IFC</b>          |                                     |         |                                     |
| Pavimento Terreo               | <input checked="" type="checkbox"/> | =       |                                     |
| <b>Dados de identidade</b>     |                                     |         |                                     |
|                                |                                     |         |                                     |

Gerenciar tabelas de pesquisa...

[Como posso gerenciar meus tipos de família?](#)

OK Cancelar Aplicar

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

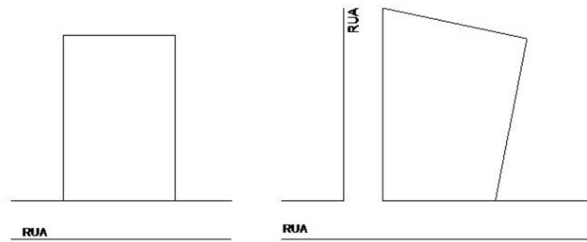
Há, dessa forma, uma diferença que gera implicações diretas no processo de automação quanto ao tempo de uso do protótipo, pois o primeiro método permite ampla checagem prévia dos indicadores urbanísticos e customizações, mas produz a necessidade de recorrer ao documento do Código de urbanismo para ter acesso aos valores dos índices urbanos, e o segundo tem um alto potencial de armazenamento dos dados através de fórmulas dos parâmetros da família eliminando a possibilidade de recorrer a um documento externo o que pode contribuir para a diminuição do tempo de consulta tanto quanto direciona para uma maior consistência nos dados ao não permitir manipulações manuais.

No entanto, cria-se uma limitação ao uso quanto à configuração espacial do terreno, pois se um parâmetro de afastamento “Frente” é definido para a cota atribuída a uma divisa, essa sempre corresponderá à testada frontal do terreno se estiver sendo controlada por uma fórmula. Por exemplo, na Figura 28, temos 2 casos típicos de configurações espaciais de terrenos. Um caso conhecido como “terreno de gaveta”, que está posicionado entre outros

terrenos tendo só uma divisa fazendo fronteira com a rua, e o outro são os chamados “terrenos de esquina” que possuem duas frentes.

A esse segundo caso, o código de urbanismo prescreve que não haverá afastamento de fundos:

Figura 28 - configurações espaciais de terrenos



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Art. 183 - As especificações relativas à taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento e afastamentos mínimos para cada uso em cada zona, são as constantes do Anexo 9 desta lei.

Parágrafo único - Nos casos de lotes com mais de uma frente, existirão tantos afastamentos frontais, quantas forem as frentes do lote para logradouros, sendo os demais afastamentos, laterais, inexistindo afastamento de fundo. (JOÃO PESSOA, 2001)

Sendo assim, se só existir um parâmetro Frente definido para uma única divisa, o protótipo não poderá ser utilizado em terrenos de esquina ou mesmo terrenos com 3 ou 4 afastamentos frontais. Na etapa de refinamento, serão apresentados alguns testes que foram realizados para contornar essa situação utilizando um recurso de *lookup tables* das famílias.

#### 4.2.1.3 Interoperabilidade entre os sistemas GIS e BIM

##### a) Protocolo de testes;

- objetivo: Exportar o arquivo gerado pelo sistema do ambiente webGIS para o ambiente BIM.

##### b) Procedimentos;

Após o usuário localizar a imagem do terreno, realizar desenho poligonal correspondente a ele, e criar um ID para identificação das consultas no relatório, fez-se o teste de exportação de um arquivo em formato DXF contendo o perímetro desenhado pelo usuário durante o processo de consulta e a disponibilização no ambiente de projeto do template do Revit contendo a família adaptativa com os zoneamentos da cidade. O participante da pesquisa fará o download do arquivo em

formato DXF que é gerado pelo sistema webGIS ao final do processo de verificação, e, já dentro do Revit®, ele utilizará o recurso “importar CAD” para fazer uso da poligonal do terreno. A análise consistiu em verificar a consistência dos dados importados pelo sistema webGIS no ambiente BIM.

c) Resultados;

- A interoperabilidade para exportação de dados testada no estágio atual só permite comunicação numa direção: do sistema webGIS para o BIM, sendo assim unidirecional. A extensão disponível ao usuário em formato DXF é compatível com uma grande variedade de sistemas CAD e BIM. Foi observada a necessidade de conversão de unidade onde o ambiente de importação do template deve estar configurado para receber o arquivo em metros. No entanto, verificou-se que, apesar de o processo de exportação e importação ter sido validado, não foi possível checar as dimensões das arestas do polígono durante a etapa de desenho na interface webGIS as quais correspondem aos valores das divisas do terreno. Portanto, se torna inviável seu uso, pois o cálculo de áreas do terreno não reportaria dimensões de uma situação real. Partindo do pressuposto dessa limitação, a etapa de refinamento do protótipo direcionará esforços mais voltados para a interação entre os sistemas do que na interoperabilidade. Nesse sentido, tem-se foco na produção sincronizada dos sistemas, ou seja, ao receber o relatório no sistema webGIS, ele permitirá a visualização do nome da Zona urbana que, após essa ação, o usuário irá localizar a família tipo correspondente ao zoneamento dentro da estrutura da família carregada no template BIM. De forma independente, os sistemas interagem sendo aquele que tem como produto a informação necessária para direcionar o uso da família adaptiva.

#### 4.2.2 Refinamento do protótipo

Nesse tópico do texto, serão apresentados todos os aprimoramentos que foram realizados seguindo a sequência das etapas da estrutura de desenvolvimento (interpretação de regras, preparação do modelo do edifício, execução de regras e emissão de relatórios), ao contrário de como foi apresentado o desenvolvimento do estudo piloto do protótipo onde se estruturou a narrativa a partir dos ambientes tecnológicos webGIS e depois o BIM.

Para essa fase do protótipo foi definido o bairro de Manaíra onde há 3 (três) zoneamentos urbanos, a saber: Zona Residencial 01 (ZR1); Zona Axial Tambaú (ZA3) e Zona

Turística 2 (ZT2). Esse foi o primeiro setor da cidade a ter seu banco de dados implementado a partir da estrutura do estudo piloto para o desenvolvimento das melhorias.

A Tabela 15 apresenta os novos atributos que foram testados em cada um dos ambientes tecnológicos, a exemplo da etapa de Emissão de relatórios que não teve nenhum desenvolvimento durante o estudo piloto segundo a estrutura do sistema prevista pelo referencial da pesquisa. Também foram realizadas melhorias em atributos que já haviam sido testados. Com isso, uma maior quantidade de requisitos pôde ser implementada, de modo que terão seus protocolos de testes apresentados junto com os resultados obtidos.

Tabela 15: Etapa de refinamento e seus atributos

|     |                                                    | Etapa do projeto                                               | ESTUDO PILOTO                           |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
|-----|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
|     |                                                    | Regras para checagem                                           | Identificar o nome do Zoneamento Urbano | Identificar tipo de uso permitido | Identificar o valor do índice de aproveitamento | Calcular a taxa de ocupação | Calcular o índice de aproveitamento | Identificar o nome do Zoneamento Urbano | Identificar tipo de uso permitido | Identificar altura máxima | Identificar o valor do índice de aproveitamento | Calcular a taxa de ocupação | Calcular o índice de aproveitamento |
|     |                                                    | ambiente de checagem de regras                                 | GIS                                     | BIM                               | BIM                                             | BIM                         | BIM                                 | GIS                                     | GIS                               | GIS                       |                                                 |                             |                                     |
| 1   | interpretação de regras                            |                                                                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 1.1 | Método de tradução das regras escritas             | por um programador                                             |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | usando "predicate logic"                                       |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 1.2 | Foi desenvolvida ontologia de nomes e propriedades |                                                                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     | não                                     |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 1.3 | Codificação das regras em                          | código em computador                                           | linguagem python                        |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | tabelas paramétricas                                           |                                         | family types                      | tempate project                                 | tempate project             | tempate project                     |                                         | family types                      | lookuptalbe               | lookuptalbe                                     | lookuptalbe                 | lookuptalbe                         |
| 2   | preparação do modelo do edifício                   |                                                                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 2.1 | suporte para vista do modelo                       | Derivação implícita de propriedades usando objetos apropriados | API do google maps                      | adaptive points                   | propriedade de tabelas                          |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 | B                           | B                                   |
|     |                                                    | Derive new models                                              |                                         | parâmetros lineares               |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | Performance-based model and integrated analysis                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 2.2 | visibilidade do layout das regras                  |                                                                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 3   | execução das regras: processamento e checagem      |                                                                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 3.1 | pré-checagem da sintax do "model view"             |                                                                | geometria poligonal convexa             |                                   |                                                 |                             |                                     | endereço terreno                        |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 3.2 | gerenciar a submissão de vistas para integralidade | checar consistência das submissões de vistas                   |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
|     |                                                    | Consistência das versões do modelo                             |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 4   | Relatório com resultados                           |                                                                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |
| 4.1 | reference to source rule                           |                                                                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         | parâmetros compartilhados         | parâmetros compartilhados | parâmetros compartilhados                       |                             |                                     |
| 4.2 | Reportar graficamente                              |                                                                |                                         |                                   |                                                 |                             |                                     |                                         |                                   |                           |                                                 |                             |                                     |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.2.2.1 Interpretação das regras

##### a) Protocolo de testes;

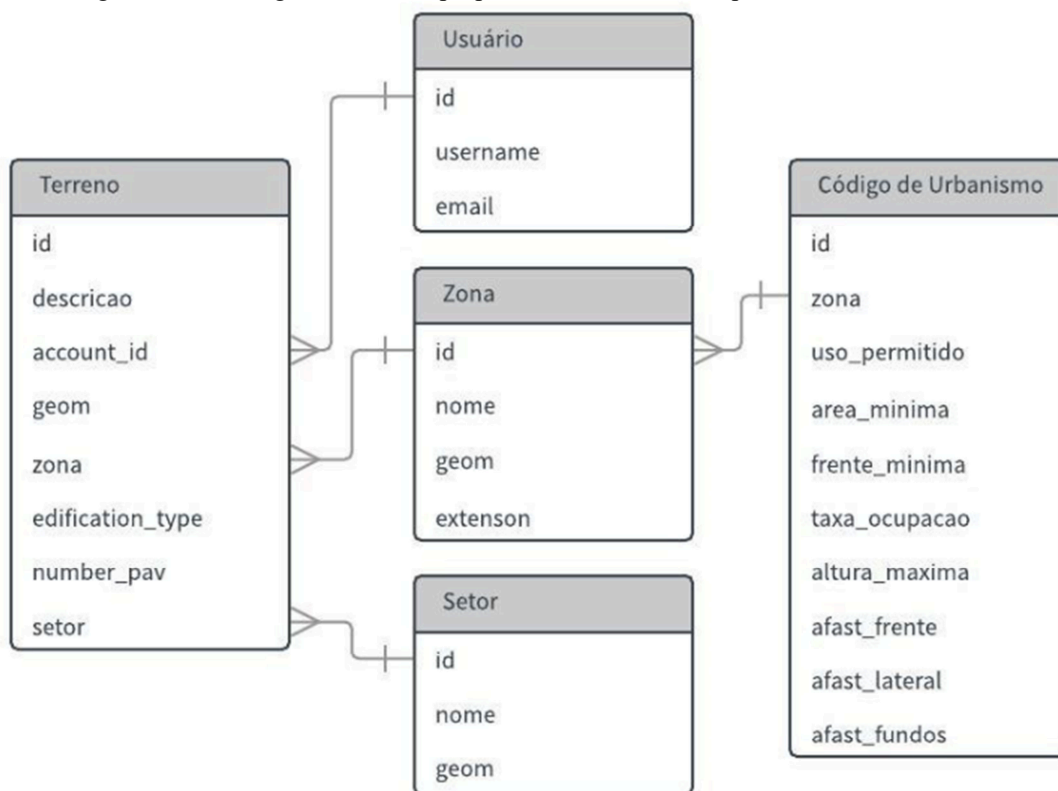
- Objetivo: desenvolver uma ontologia de nomes e propriedades para ser utilizada no sistema webGIS.
- Procedimentos: foi necessário construir uma estrutura ontológica de propriedades para que houvesse um padrão da informação do sistema webGIS, de modo que o desenvolvimento das informações relacionadas aos demais bairros da cidade seguisse a mesma lógica a medida que fossem sendo implementados. Relativamente ao banco de dados para a organização, manipulação e consulta de dados, desenvolveu-se o modelo relacional pelo qual se permite uma comunicação entre tabelas distintas através de suas colunas viabilizando a estrutura e a clareza na leitura dos dados. O processo dessa estruturação é conhecido como normalização dos dados através do modelo relacional. A normalização consiste em aplicar regras para todas as tabelas existentes no banco de dados com o objetivo de evitar falhas no projeto (FREITAS, 2008, p. 32). Essas falhas podem ser a redundância de dados e a mistura de diferentes assuntos ou conteúdos numa mesma tabela. Fazendo proveito das técnicas de normalização, foi possível adequar e permitir que o sistema do protótipo esteja apto para inserir informações geo-espaciais, como a adição de mais zonas além que estão sendo alimentadas no sistema.

##### b) Resultados;

Foi possível identificar a normalização através das tabelas existentes que consistem em: Terreno, Zona, Setor, Usuário e também a tabela Código de Urbanismo. Essas tabelas são referenciadas uma nas outras com o objetivo de complementar a informação necessária pelo usuário. Como exemplo, ao selecionar um Terreno, é possível saber qual o Setor ele faz parte, assim como qual Zona ele se encontra e, através desse relacionamento, é possível saber o que o código de urbanismo informa a respeito desse terreno e, finalmente, qual usuário que cadastrou este terreno. A Figura 29 ilustra o modelo de dados utilizado pelo protótipo. Cada tabela é identificada como uma entidade deste modelo e as linhas que ligam essas entidades são os relacionamentos. O modo de leitura deste relacionamento é identificado nas extremidades das linhas que indicam o grau do relacionamento, como exemplo, a tabela Zona possui um relacionamento com a tabela Terreno em que se é lido: uma

única entidade zona poderá ter muitos terrenos, porém, um terreno poderá ter uma e apenas uma única zona. Da mesma maneira que uma zona terá uma única referência à tabela de Código de Urbanismo, uma informação nesta tabela poderá ter uma ou mais referência a zonas.

Figura 29 - Ontologia de nomes e propriedades desenvolvida para o sistema webGIS



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A partir dessa implementação, foi possível aprimorar o atributo de codificação das regras através da linguagem de computador Python realizado no estudo piloto para ter a localização do endereço no ambiente webGIS pelo sistema de busca de endereços da API do google maps como mostra a Figura 30.



Figura 30 - busca pelo endereço através da API do google maps

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

c) Objetivo: Codificar as regras das zonas urbanas no ambiente BIM

– procedimentos: O refinamento desse atributo continuou sendo através de tabelas paramétricas testadas no estudo piloto. Nessa etapa anterior, foram observados os resultados obtidos através do uso de fórmulas no ambiente de edição das famílias do Revit. Aqui foi testada a função de uma fórmula que estrutura os valores dos parâmetros da família em formato de banco de dados, as chamadas *lookup tables* ou tabelas de pesquisa. Seus dados são preparados a partir de uma planilha externa e importados em formato de arquivo CSV. A base de dados foram as variáveis dos índices urbanos das tabelas dos zoneamentos existentes no bairro de Manaíra. Essas tabelas possuem algumas particularidades na estruturação dos seus dados. Segundo Autodesk Help (2019),

A primeira linha de valores no arquivo CSV é para informações do cabeçalho, para descrever o conteúdo das colunas posteriores [...]. Os cabeçalhos são do formato `ParameterName##ParameterType##ParameterUnits`. A primeira coluna no arquivo CSV contém uma descrição para identificar a linha que está sendo editada. A função de pesquisa ignora a primeira coluna e os valores são pesquisados estritamente na ordem da coluna, iniciando na segunda coluna. Ao pesquisar por valores, o Revit ignora os nomes de parâmetro e os cabeçalhos de coluna.

Assim, a análise dos resultados observa como foi classificada a estrutura de informações do código de urbanismo para que a planilha pudesse retornar seus dados de acordo com a syntax da fórmula da função *lookup table*.

- d) Resultados: de acordo com a classificação das variáveis da tabela de zoneamento apresentada nos resultados do desenvolvimento do estudo piloto, tem-se 2 tipos de dados, textos e números, distribuídos em 9 variáveis referentes aos índices urbanos do zoneamento, terreno e edificação. Acrescentou-se uma que é a do macrozoneamento a qual foi extraída do documento do plano diretor da cidade.

Considerando que a planilha só aceita dados numéricos, com exceção da primeira coluna, onde foram agrupadas as variáveis tipo “texto” do código de urbanismo (Figura 31) define-se a estrutura textual de classificação dos zoneamentos e usos permitidos nas lookup tables: Sigla\_zona\_urbana – Sigla\_uso\_permitido\_Código\_observações.

Exemplo: ZR1 - R5\_2

Figura 31 - Estrutura de dados das lookup tables

| A             | B                             | C                  | D             |
|---------------|-------------------------------|--------------------|---------------|
|               | Uso_Permitido##length##meters | AM##length##meters | FM##length##r |
| ZR1 - R1      | 1.1                           | 360                | 12            |
| ZR1 - R2      | 1.2                           | 450                | 15            |
| ZR1 - R3      | 1.3                           | 0                  | 0             |
| ZR1 - R4      | 1.4                           | 0                  | 0             |
| ZR1 - R5_2    | 1.52                          | 600                | 15            |
| ZR1 - R5      | 1.5                           | 600                | 15            |
| ZR1 - R6      | 1.6                           | 900                | 20            |
| ZR1 - R8_3    | 1.8                           | 360                | 12            |
| ZR1 - CL_SL_4 | 1.101                         | 360                | 12            |
| ZR1 - CB_SB   | 1.102                         | 450                | 15            |
| ZR1 - IL      | 1.111                         | 600                | 15            |
| ZR1 - IPP_5   | 1.112                         | 600                | 15            |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

As demais variáveis dos índices urbanos tiveram que ser separadas de acordo com suas derivações, portanto receberam uma classificação específica (Figura 31). Um exemplo, foi o caso dos valores dos afastamentos que variam de acordo com os pavimentos em que eles são aplicados (Tabela 16).

Tabela 16: Classificação dos afastamentos

| Nome                     | classificação | Tipo        | Unidade |
|--------------------------|---------------|-------------|---------|
| Área Mínima              | AM            | Comprimento | Metros  |
| Frente Mínima            | FM            |             |         |
| Taxa de ocupação         | TX_TERREO     |             |         |
|                          | TX_PAV01      |             |         |
|                          | TX_PAV02      |             |         |
|                          | TX_PAV03      |             |         |
|                          | TX_DEMAIS     |             |         |
| Índice de aproveitamento | IA            |             |         |
| Altura Máxima            | ALM           |             |         |
| Afastamento Frente       | RFO           |             |         |
| Afastamento Lateral      | RL_TERREO     |             |         |
|                          | RL_PAV01      |             |         |
|                          | RL_PAV02      |             |         |
|                          | RL_PAV03      |             |         |
|                          | RL_DEMAIS     |             |         |
| Afastamento Fundos       | RFU_TERREO    |             |         |
|                          | RFU_PAV01     |             |         |
|                          | RFU_PAV02     |             |         |
|                          | RFU_PAV03     |             |         |
|                          | RFU_DEMAIS    |             |         |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Foi identificado, nas tabelas de zoneamento, valores expressos através de fórmulas, a exemplo do afastamento lateral do uso permitido R8 do zoneamento ZR1 que é calculado com a expressão  $4+(h/10)$  ou inexistência de dados. Sendo assim, definiu-se a seguinte codificação na Tabela 17:

Tabela 17: Equivalência de termos

| Código numérico | Correspondente no código de urbanismo   |
|-----------------|-----------------------------------------|
| 0               | Símbolo do hífen “-”, Valor inexistente |
| 3.33            | Retornar a fórmula $3+(h/10)$           |
| 4.44            | Retornar a fórmula $4+(h/10)$           |
| 9.99            | Valor a ser implementado                |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

| Nome             | classificação | tipo        | unidade |
|------------------|---------------|-------------|---------|
| Área Mínima      | AM            | comprimento | metros  |
| Frente Mínima    | FM            |             |         |
| Taxa de ocupação | TX_TERREO     |             |         |

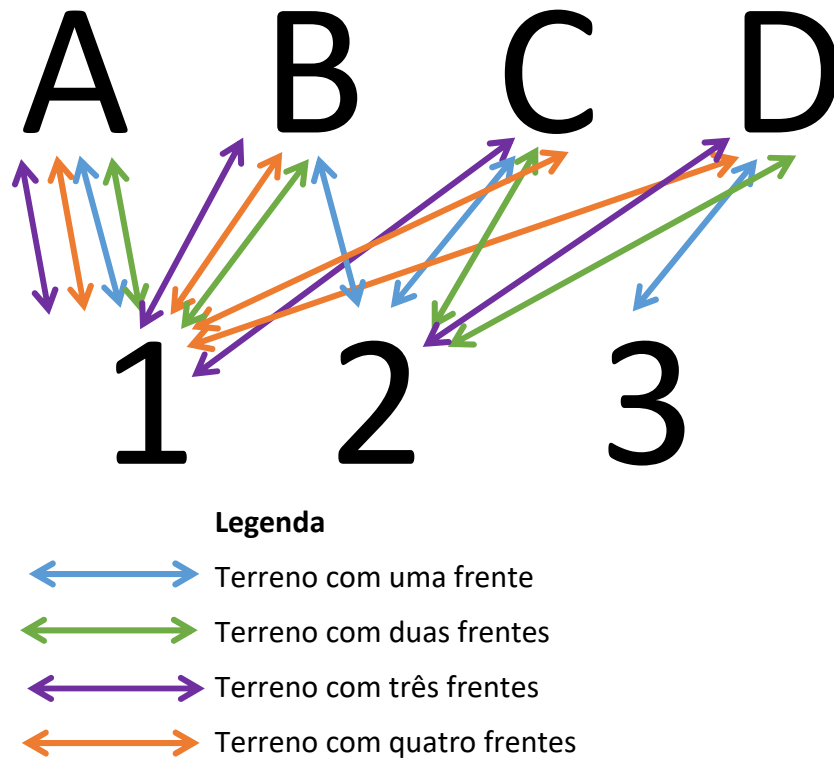
|                          |            |  |  |
|--------------------------|------------|--|--|
|                          | TX_PAV01   |  |  |
|                          | TX_PAV02   |  |  |
|                          | TX_PAV03   |  |  |
|                          | TX_DEMAIS  |  |  |
| Índice de aproveitamento | IA         |  |  |
| Altura Máxima            | ALM        |  |  |
| Afastamento Frente       | RFO        |  |  |
| Afastamento Lateral      | RL_TERREO  |  |  |
|                          | RL_PAV01   |  |  |
|                          | RL_PAV02   |  |  |
|                          | RL_PAV03   |  |  |
|                          | RL_DEMAIS  |  |  |
| Afastamento Fundos       | RFU_TERREO |  |  |
|                          | RFU_PAV01  |  |  |
|                          | RFU_PAV02  |  |  |
|                          | RFU_PAV03  |  |  |
|                          | RFU_DEMAIS |  |  |

Uma vez que o desenvolvimento do protótipo é ampliado para contemplar o banco de dados das demais zonas urbanas, essas classificações poderão sofrer alterações visto que foi realizado com apenas três zonas urbanas. Para consultar o banco de dados completo que foi implementado, ver informações no APÊNDICE.

#### 4.2.2.2 *Preparação do modelo do edifício*

- a) Objetivo: Derivar as propriedades das dimensões lineares dos afastamentos usando como objeto aprimorado o relacionamento entre as edificações e os lotes.
- b) Procedimentos: Durante o estudo piloto, o resultado obtido na etapa de execução das regras no ambiente BIM para a Pré-checagem da syntax do “model view” das configurações espaciais urbanas de terrenos com quatro lados mostrou que, ao dirigir os valores da tabela de zoneamento através de fórmulas, foi ampliado o grau de consistência dos dados pelo fato de o sistema não permitir mudanças manuais no valor do parâmetro. No entanto, esse mesmo parâmetro ficou com seu uso restrito ao tipo de afastamento ao qual foi atribuído. Para vencer essa limitação, foi realizado um teste para criação de parâmetros baseados na sua relação entre os lotes de seu entorno. Portanto, foram definidas as letras A, B, C e D para representar cada uma das divisas do terreno adaptivo de 4 lados. Para que o sistema reconhecesse a característica do afastamento, foi definido um fator numérico para cada um, a saber: afastamento de frente = 1; lateral = 2 e fundos = 3. Na sequência, para cada uma das letras é atribuída uma denominação baseada na classificação apresentada na Figura que estrutura a nomenclatura dos afastamentos, exemplo: A\_terreo, A\_pav01, B\_terreo, B\_pav01 etc.
- c) Resultados: Através de uma análise combinatória, é possível demonstrar os resultados possíveis a partir da associação das variáveis dos lados com os afastamentos. A Figura 31 ilustra a combinação de quatro diferentes relações entre lote e edifício tendo, como referência, a lateral “A” como sendo sempre definida como afastamento de frente, o que naturalmente é replicável com as demais divisas. Torna-se possível o uso do protótipo para terrenos que tenham até quatro afastamentos de frente. Dessa forma, o modelo do edifício amplia sua capacidade de uso se comparada ao estudo piloto. A sequência de desenvolvimento a partir desse resultado é sua aplicação a cada pavimento atribuído à edificação com seus devidos afastamentos.

Figura 31 - Derivação de modelos de vistas – dividas e afastamentos



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Atingiu-se o total da criação de 20 parâmetros tendo, esses, seus valores dirigidos por uma fórmula condicional como mostra a Figura 32 (consulta na íntegra nos APÊNDICES) resultante da aplicação a cada um dos lados e associado a cada uma das variações dos afastamentos, encontradas com base no pavimento a que este é aplicado. Em futuras ampliações do protótipo, poder-se-á constatar a necessidade de criar novos parâmetros, caso haja, noutras zonas urbanas, mais variações dos afastamentos.

Figura 32 - Parâmetros de afastamento

Tipos de famílias

Digite o nome: ZR1 - Residencial 01

Parâmetros de pesquisa

| Parâmetro                        | Valor    | Fórmula                                                                                                                                   |                                     |
|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Restrições</b>                |          |                                                                                                                                           |                                     |
| A_demais (padrão)                | 5.0000   | =if(A = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(A = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_DEMAIS", Número_ref, Número_ref) =    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| A_pav01 (padrão)                 | 5.0000   | =if(A = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(A = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV01", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| A_pav02 (padrão)                 | 5.0000   | =if(A = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(A = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV02", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| A_pav03 (padrão)                 | 5.0000   | =if(A = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(A = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV03", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| A_terreo (padrão)                | 5.0000   | =if(A = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(A = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_TERREO", Número_ref, Número_ref) =    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| B_demais (padrão)                | 1.5000   | =if(B = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(B = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_DEMAIS", Número_ref, Número_ref) =    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| B_pav01 (padrão)                 | 1.5000   | =if(B = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(B = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV01", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| B_pav02 (padrão)                 | 1.5000   | =if(B = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(B = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV02", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| B_pav03 (padrão)                 | 1.5000   | =if(B = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(B = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV03", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| B_terreo (padrão)                | 1.5000   | =if(B = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(B = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_TERREO", Número_ref, Número_ref) = 4, | <input checked="" type="checkbox"/> |
| C_demais (padrão)                | 1.5000   | =if(C = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(C = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_DEMAIS", Número_ref, Número_ref) =    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| C_pav01 (padrão)                 | 1.5000   | =if(C = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(C = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV01", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| C_pav02 (padrão)                 | 1.5000   | =if(C = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(C = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV02", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| C_pav03 (padrão)                 | 1.5000   | =if(C = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(C = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV03", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| C_terreo (padrão)                | 1.5000   | =if(C = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(C = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_TERREO", Número_ref, Número_ref) = 4, | <input checked="" type="checkbox"/> |
| D_demais (padrão)                | 3.0000   | =if(D = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(D = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_DEMAIS", Número_ref, Número_ref) =    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| D_pav01 (padrão)                 | 3.0000   | =if(D = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(D = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV01", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| D_pav02 (padrão)                 | 3.0000   | =if(D = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(D = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV02", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| D_pav03 (padrão)                 | 3.0000   | =if(D = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(D = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_PAV03", Número_ref, Número_ref) = 4,  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| D_terreo (padrão)                | 3.0000   | =if(D = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(D = 2, if(size_lookup(tabela, "RL_TERREO", Número_ref, Número_ref) =    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_Lote_frente_mínima (padrão)    | 12.0000  | =size_lookup(tabela, "FM", Número_ref, Número_ref)                                                                                        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_Lote_área_mínima (padrão)      | 360.0000 | =size_lookup(tabela, "AM", Número_ref, Número_ref)                                                                                        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_TX_ocupação_terreo (padrão)    | 0.5000   | =size_lookup(tabela, "TX_TERREO", Número_ref, Número_ref)                                                                                 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_TX_ocupação_demais (padrão)    | 0.5000   | =size_lookup(tabela, "TX_DEMAIS", Número_ref, Número_ref)                                                                                 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_TX_ocupação_pav01 (padrão)     | 0.5000   | =size_lookup(tabela, "TX_PAV01", Número_ref, Número_ref)                                                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_TX_ocupação_pav02 (padrão)     | 0.5000   | =size_lookup(tabela, "TX_PAV02", Número_ref, Número_ref)                                                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_TX_ocupação_pav03 (padrão)     | 0.5000   | =size_lookup(tabela, "TX_PAV03", Número_ref, Número_ref)                                                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_altura_máxima (padrão)         | 2.0000   | =size_lookup(tabela, "ALM", Número_ref, Número_ref)                                                                                       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_índice_aproveitamento (padrão) | 4.0000   | =size_lookup(tabela, "IA", Número_ref, Número_ref)                                                                                        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| z_uso_permitido (padrão)         | ZR1 - R1 | =size_lookup(tabela, "", "não existe", Número_ref)                                                                                        | <input checked="" type="checkbox"/> |

Fonte: Dados da pesquisa (2019) 1

#### 4.2.2.3 Execução de regras

##### a) Protocolo de testes;

- objetivo: Pré-verificação do pertencimento do desenho do terreno a uma área urbana no ambiente webGIS.

##### b) Procedimento;

As interfaces de usuário tem sido um grande desafio para a tecnologia GIS em ambiente web visto a diversidade de público que tem acesso aos dados disponibilizados sem um desenvolvimento voltado para seu uso prático. Desenvolveu-se uma estrutura que permite uma consulta direta as variáveis do código de urbanismo focando o processo na demanda de informações sobre a tipologia desejada para a construção e a quantidade de pavimentos permitida.

##### c) Estrutura de perguntas ao usuário;

- resultados: Tem-se o input de dados com pré-verificação que avisa se o endereço está fora da zona urbana, se ele não foi encontrado na forma que foi digitado na busca, ou se o formato do desenho está errado:

- É necessário lançar a quantidade de pavimentos do seu terreno que se deseja verificar.
- É necessário identificar o seu terreno com uma descrição.
- O polígono do terreno que você desenhou está contido em mais de uma zona urbana.
- Refaça o desenho de forma que o terreno fique contido somente em uma zona.
- Para auxiliar essa ação, ative a camada de visualização das zonas urbanas no mapa de consultas.

A partir da hipótese de que haja uma dificuldade de compreensão dos limites do polígono diante do terreno a ser redesenhado, esse recurso de visualização por camadas, comumente utilizado em várias ferramentas de geoprocessamento, permite a possibilidade de análises diversas através do cruzamento de dados dos mapas que visualmente estarão sobrepostos entre si através do seu georreferenciamento.

Outra situação considerada foi a sobreposição de um terreno a 2(duas) zonas urbanas simultaneamente. Para esses casos, foram incorporados alertas aos usuários para a realização de ajustes de posicionamento. O sistema informará que *“O polígono do terreno que você desenhou está contido em mais de uma zona urbana”*, sugerindo nesse mesmo momento que se *“Refaça o desenho de forma que o terreno fique contido somente em uma zona”*.

No espaço destinado a realizar uma *Nova consulta*, a entrada de dados para que o sistema emita um relatório para o usuário está dividida em 5(cinco) etapas: 1. Localize; 2. Desenhe; 3. *Qual o tipo de edificação você deseja construir*; 4. Quantos pavimentos terá sua edificação e 5. Identifique-se.

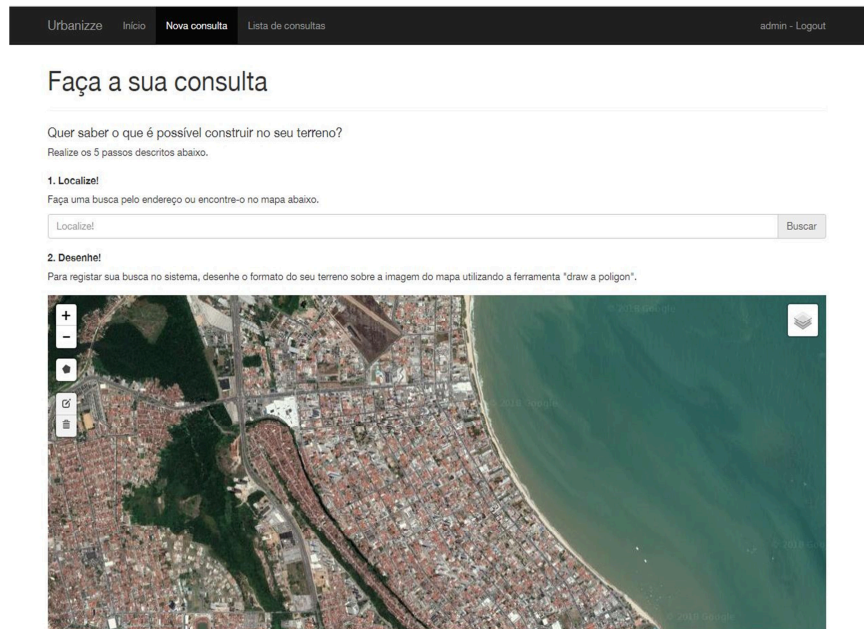
Essas estão numeradas sequencialmente na tentativa orientar o processo a ser seguindo onde o sistema só emitirá o relatório ao serem lançados os dados como mostra a Figura . A entrada de dados “1. Localize!” faz a solicitação do endereço do terreno. Partindo do pressuposto de que o usuário ou sabe onde o terreno se localiza ou está de posse da sua escritura para ter acesso ao endereço. Em seguida, o passo “2. Desenhe!” solicita que seja desenhado um polígono que corresponda à área do terreno tendo como referência a imagem do satélite para o posicionamento do desenho.

A próxima entrada de dados solicitado no sistema é a “3. *Qual o tipo de edificação você deseja construir?*” onde o usuário escolhe dentre os usos permitidos na cidade. Está disponível em 4 (quatro) categorias de uso, a saber: residencial; comercial; institucional e industrial –extraídas da classificação descrita no Anexo 8 (BRASIL, 2001). Como nem todos



os usos são permitidos igualmente em todas as zonas, essa pergunta do sistema refina a triagem da informação a ser buscada na tabela de zoneamento.

Figura 33 - Suporte para vistas do modelo no ambiente GIS na web



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

#### 4.2.2.4 Reportar os resultados da checagem

##### a) Protocolo de testes;

- objetivo: Fazer referência a fonte das regras para validar os o input de dados no ambiente webGIS
- procedimentos: Estruturação da sintaxe de frase para respostas automáticas com base das informações do input de dados.
- resultados Uma vez lançada perguntas específicas ao sistema, por exemplo, quanto ao tipo de uso permitido, e uma quantidade de pavimentos desejada para a edificação naquele lote, o sistema deverá filtrar dados da tabela para gerar relatórios com as informações solicitadas tornando-se capaz de otimizar o tempo investido nessa tarefa de consulta.

Ao receber os dados de entrada tem-se acesso ao relatório final com o resultado da verificação automática das informações solicitadas do terreno. O sistema produz uma tabela com base nos dados pesquisados. É adicionada também uma breve descrição dos parâmetros utilizados na tabela com área mínima, taxa de

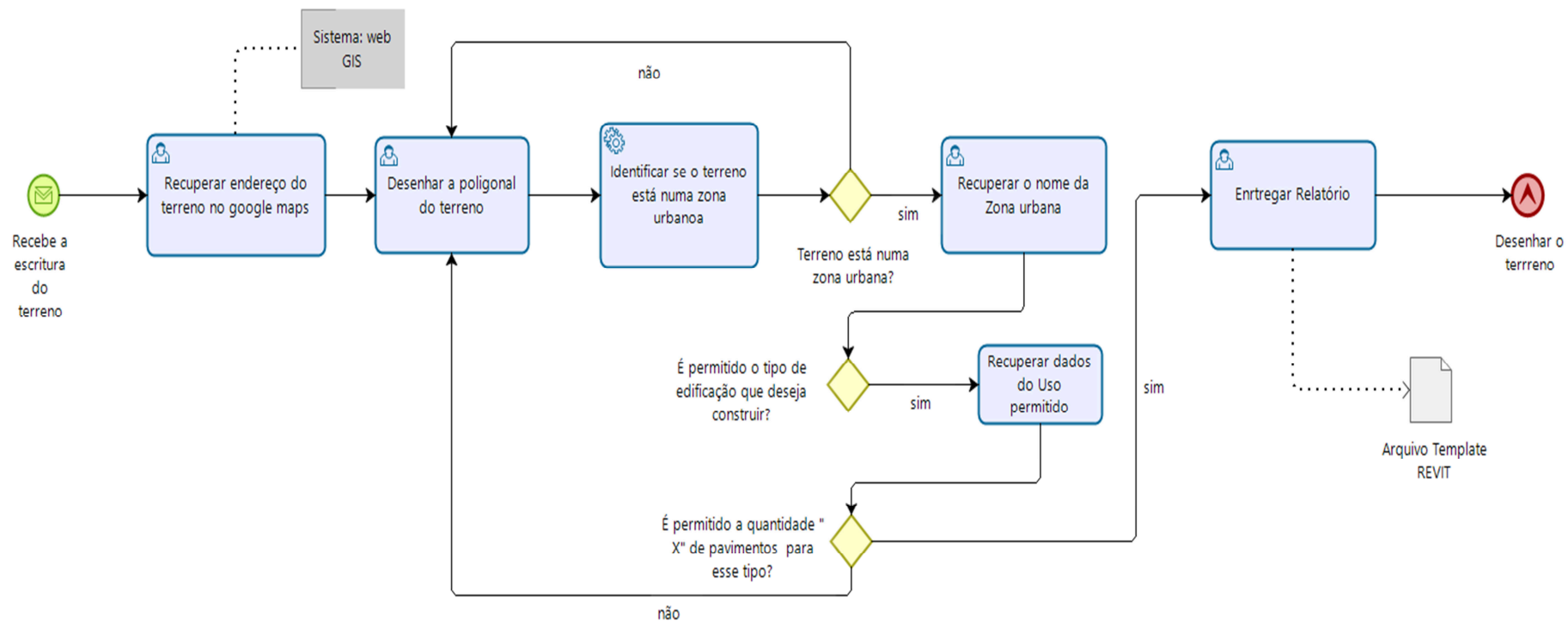
ocupação, etc. para dar suporte a interpretação dos dados como extratos do Código de urbanismo

- objetivo: Fazer referência a fonte das regras para reportar os valores tabela de zoneamento consultada no ambiente BIM
- procedimento: Foram realizados testes com o uso de *shared parameters* (parâmetros compartilhados) para levar os valores extraídos dos parâmetros embutidos na família do Revit até o ambiente de construção de tabelas existente no ambiente de modelagem do projeto. Segundo Lubeley; Mierendorf (2013), o *Shared parameters* são importantes para o compartilhamento com interfaces externas a caixa de edição das *Family types*.
- resultados: As tabelas foram reportadas com êxito, permitindo a visualização dos dados da tabela do zoneamento consultado. Estando com os dados compartilhados, pode-se fazer uso de fórmulas com “parâmetro calculado”, de modo que se permite fazer o cálculo de áreas para reportar o potencial construtivo do terreno em consulta.

Após o desenvolvimento de todos os testes de automação relatados, estruturou-se um fluxograma (Figura 34) que ilustrado processo das atividades descritas no sistema GIS. E a Figura 35 apresenta diagrama da estrutura desenvolvida para a parte do protótipo no ambiente BIM.

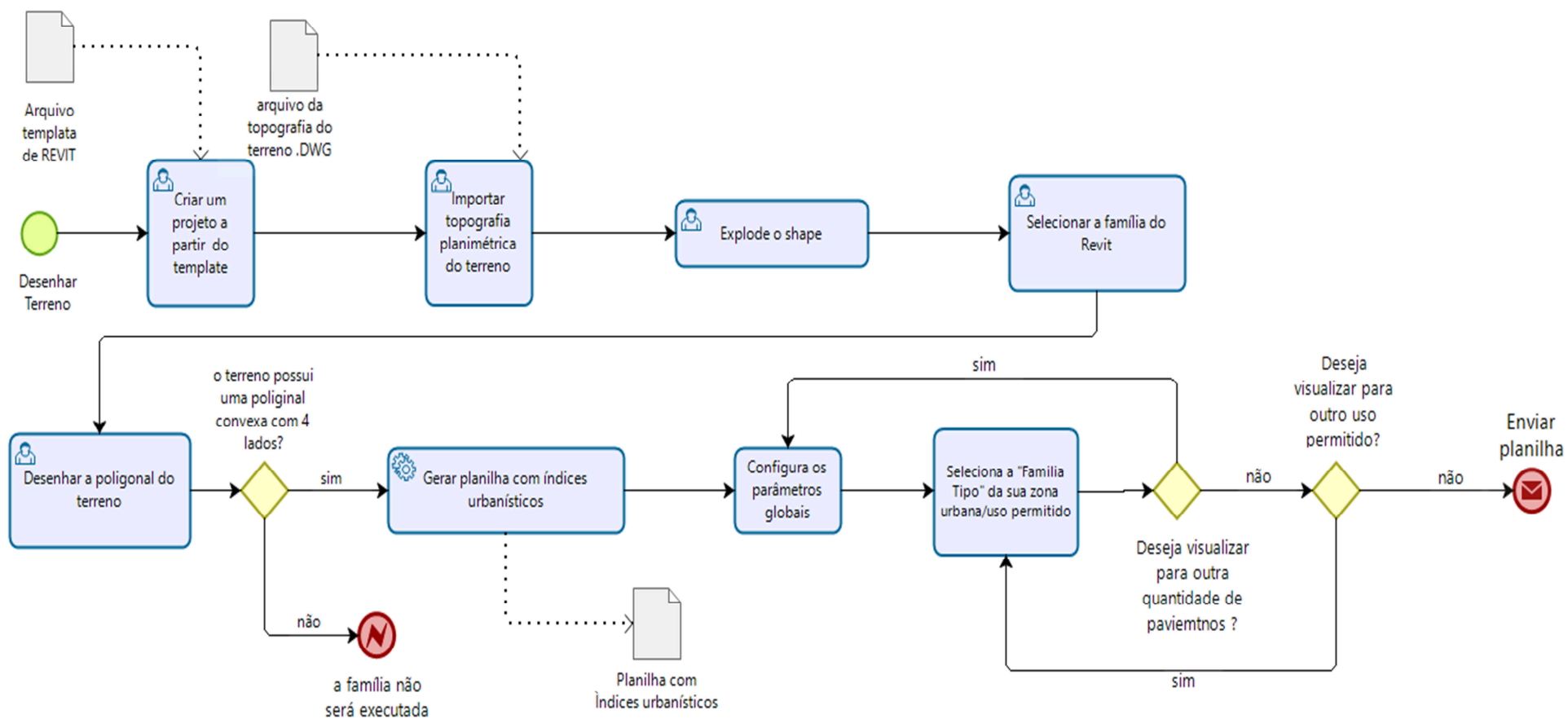
Enfim, consolida-se a proposta de modelo paramétrico da pesquisa permitindo, portanto, seguir para a última coleta de dados que se deu através da validação do seu uso. No próximo capítulo, é apresentada a análise dos resultados dessa coleta que envolveu a participação efetiva de um grupo potencial de usuários.

Figura 34 - Modelo de processo - GIS



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Figura 35 - Modelo de Processo - BIM



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

### 4.3 Validação do Protótipo

Após o pré-cadastro dos participantes e a realização da coleta de dados, deu-se início à análise dos resultados. Foram coletadas 104 respostas. Na primeira amostra de dados coletados, obteve-se 22 formulários que foram recebidos no primeiro mês, durante um período de 15 dias, sendo oriundos de 4 (quatro) faculdades onde o IESP foi a de maior representação nesse tempo, com um total de 7 alunos, seguida pela UFPB e UNIPE, cada uma com 6 participantes, e 3 da FACISA, os quais, juntos, equivaleram a somente 21,2 % em relação ao total recebido (Tabela 18). No entanto, dentre esse volume de participantes só 3 se declararam usuários do REVIT, um número muito abaixo da amostragem mínima definida para a pesquisa.

Tabela 18: Resumo do período de coleta de dados

| Faculdades         | Quantidade de Participantes p/ mês |              |           |              |            |               |
|--------------------|------------------------------------|--------------|-----------|--------------|------------|---------------|
|                    | Abril                              | %            | Maio      | %            | Total      | Total%        |
| FACISA             | 3                                  | 2,9%         | 10        | 9,6%         | 13         | 12,5%         |
| FSM                |                                    | 0,0%         | 42        | 40,4%        | 42         | 40,4%         |
| IESP               | 7                                  | 6,7%         | 8         | 7,7%         | 15         | 14,4%         |
| UFPB               | 6                                  | 5,8%         | 8         | 7,7%         | 14         | 13,5%         |
| UNIPE              | 6                                  | 5,8%         | 14        | 13,5%        | 20         | 19,2%         |
| <b>Total Geral</b> | <b>22</b>                          | <b>21,2%</b> | <b>82</b> | <b>78,8%</b> | <b>104</b> | <b>100,0%</b> |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Diante do resultado, foi programada uma segunda coleta de dados, onde foi remodelada a metodologia de coleta para que tivesse uma maior quantidade de registro dos dados recebidos tendo, a partir desse ponto, uma amostragem por conveniência. Com isso, foi planejada uma aproximação aos participantes com o uso da infraestrutura dos laboratórios de informática das faculdades para a realização com todos os alunos da turma ao mesmo tempo num horário predeterminado. Sendo assim, a mudança metodológica se deu no contato direto com o professor ministrante da disciplina, e não mais com os alunos.

Dessa forma, o período de coleta foi prolongado por mais 20 dias, tendo, como resultado, o recebimento de dados de mais 82 participantes, os quais correspondem a 78,8% do total. Nesse grupo, obtivemos com a FSM, a faculdade que registrou maior participação com um total de 40,4% dos participantes, o que mudou o cenário desses percentuais totais em relação ao mês anterior, sendo ela seguida pela UNIPE com 19,2% dos participantes, e as 3 demais com participação abaixo dos 15,0% como mostrou a Tabela 18.

Com a mudança no método de coleta, o resultado foi o aumento da participação conforme ilustra a Tabela 19, acontecendo de forma mais expressiva nas faculdades em que

foi possível usar os laboratórios. Através das coordenações de curso, obteve-se a reserva de horários na FSM, UNIPE e IESP, onde somente nessa última que não se obteve sucesso, sem nenhuma participação nos laboratórios. Não se realizou na FACISA nesse formato por não haver agenda disponível durante os meses solicitados, e já na UFPB tínhamos disponibilidade de 01(um) laboratório, no entanto, não havia a instalação do software REVIT versão 2017/2018.

Tabela 19: Usuários Revit x Duração da coleta de dados

| Alunos participantes     | Quant. p/ mês |           |             |
|--------------------------|---------------|-----------|-------------|
|                          | Abr           | Maio      | Total Geral |
| <b>Usuários de REVIT</b> |               |           |             |
| <b>Não</b>               | <b>17</b>     | <b>31</b> | <b>48</b>   |
| FACISA                   | 3             | 6         | 9           |
| FSM                      |               | 8         | 8           |
| IESP                     | 6             | 4         | 10          |
| UFPB                     | 2             | 3         | 5           |
| UNIPE                    | 6             | 10        | 16          |
| <b>Sim</b>               | <b>5</b>      | <b>51</b> | <b>56</b>   |
| FACISA                   |               | 4         | 4           |
| FSM                      |               | 34        | 34          |
| IESP                     | 1             | 4         | 5           |
| UFPB                     | 4             | 5         | 9           |
| UNIPE                    |               | 4         | 4           |
| <b>Total Geral</b>       | <b>22</b>     | <b>82</b> | <b>104</b>  |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Ainda na tabela 19, percebe-se o aumento de participantes que declararam ser usuários do Revit®. Saindo de um número de 5 (grupo “SIM”) (nos 15 primeiros dias da coleta) para 56 no total que se declararam como usuários do Revit® que representaram 53,8% de todos os registros de dados recebidos.

Esse percentual sofrerá uma modificação, uma vez que, após a finalização do recebimento de dados, iniciou-se uma etapa de triagem das informações coletadas antes de se desenvolver a análise dos dados de mensuração de tempo planejada na pesquisa. A primeira triagem realizada foi a de registros “duplicados” que compreende os alunos que enviaram mais de uma vez o formulário, reduzindo assim o número de dados para 97 participantes, conforme ilustra a Tabela 20 segundo a qual esse valor é distribuído por período, de modo que os alunos do 8º período representaram um maior número de participantes.

Tabela 20: Resumo de coleta por faculdade

**Resumo por Faculdade**

| <b>Dados duplicados</b> | <b>5º Período</b> | <b>6º Período</b> | <b>7º Período</b> | <b>8º Período</b> | <b>9º Período (TCC)</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|--------------|
| FACISA                  |                   |                   | 2                 | 7                 | 4                       | 13           |
| FSM                     | 1                 | 6                 | 12                | 18                |                         | 37           |
| IESP                    | 3                 |                   | 6                 | 5                 |                         | 14           |
| UFPB                    | 1                 | 2                 | 2                 | 3                 | 6                       | 14           |
| UNIFE                   |                   | 2                 | 4                 | 7                 | 6                       | 19           |
| <b>total</b>            | <b>5</b>          | <b>10</b>         | <b>26</b>         | <b>40</b>         | <b>16</b>               | <b>97</b>    |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Seguindo com a atividade de triagem de dados, outros aspectos foram considerados. Primeiramente, os que não se declararam usuário do Revit, e, na sequência foram os dados compreendidos como “inconsistentes”, os quais estão classificados na Tabela 21 como: incompleto; não instalou o Revit®; não baixou o template; não fez o treinamento; não baixou os terrenos. Esses representam um total de 65 participantes excluídos pela triagem, mesmo assim, ao final foi perguntado quanto ao interesse em ser convidado pelo laboratório para pesquisas futuras de modo que, dos 53 participantes que foram indagados, 75% afirmaram que “sim”, que gostariam de ser convidados, e, dessa forma, seus contatos serão disponibilizados ao laboratório de Modelagem e prototipagem ao término da pesquisa.

Tabela 21: Triagem de dados

| <b>Triagem de Dados mantidos</b> | <b>Não usa Revit</b> | <b>Inconsistências</b> | <b>total</b> |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------|
|                                  |                      | <b>39</b>              | <b>39</b>    |
| <b>excluídos</b>                 | <b>48</b>            | <b>17</b>              | <b>65</b>    |
|                                  | 42                   | 39                     | 42           |
| incompleto                       |                      | 5                      | 5            |
| duplicado                        | 6                    | 1                      | 7            |
| não instalou o REVIT             |                      | 6                      | 6            |
| não baixou o template            |                      | 1                      | 1            |
| não fez o treinamento            |                      | 3                      | 3            |
| não baixou os terrenos           |                      | 1                      | 1            |
| <b>total</b>                     | <b>48</b>            | <b>56</b>              | <b>104</b>   |

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Ao final, o número de respostas aptas à análise completa foi de 39. A faculdade que teve a maior quantidade de participantes continuou sendo a FSM com 74,3 % do total. A seguir, são apresentados procedimentos de análises dos dados dos 39 participantes que efetivaram todo o protocolo de testes onde serão discutidos os resultados obtidos para validação do protótipo proposto.

#### 4.3.1 Análise dos dados

A análise dos dados se inicia pela estruturação das informações que permitissem a mensuração do tempo durante as tarefas como também o percentual de acerto nas respostas às perguntas que foram realizadas durante essas tarefas.

Num primeiro momento, foram verificados os tempos médios de duração das tarefas registrados em cada etapa a fim de compreender suas variações. A Tabela 22 apresenta esses dados onde o tempo médio de cada etapa foi de 00:16:13 minutos, sendo a etapa “Terreno 4”, de consulta paramétrica, a que obteve menor tempo de duração com média de 00:09:48 minutos alcançados, e, a de maior duração a etapa “Terreno 1”, de consulta manual com 00:23:03 minutos.

Com relação à tarefa de Localização da Zona urbana (ZU), a etapa em que obteve o menor tempo médio, continuou sendo a etapa de consulta paramétrica, o Terreno 04, com 00:02:29 minutos de duração média, já a etapa de maior duração passou a ser a etapa de consulta manual no Terreno 01 com um registro de 00:09:46 minutos, diferindo das marcas encontradas na média geral. Quanto à tarefa de cálculo de áreas estimadas (AE), verificamos para a consulta paramétrica no Terreno 04 um tempo de 00:07:18 minutos, e, a de maior tempo, a etapa de consulta manual Terreno 03 com média de 00:13:57 minutos de duração.

Tabela 22: Duração média das tarefas por etapa

| Tarefas            | DURAÇÃO DA TAREFA | ZU              | AE              | Média de % ACERTO |
|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| TERRENO 1          | 00:23:03          | 00:09:46        | 00:13:17        | 64,62%            |
| TERRENO 2          | 00:11:32          | 00:06:28        | 00:05:05        | 57,44%            |
| TERRENO 3          | 00:20:29          | 00:06:32        | 00:13:57        | 64,62%            |
| TERRENO 4          | 00:09:48          | 00:02:29        | 00:07:18        | 48,72%            |
| <b>Total Geral</b> | <b>00:16:13</b>   | <b>00:06:19</b> | <b>00:09:54</b> | <b>58,85%</b>     |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A Tabela 22 também mostra a média de acertos das perguntas nas 2(duas) tarefas (ZU e AE) onde o maior percentual de acerto foi igual nas 2 primeiras etapas tanto no método de consulta manual, Terreno 01, e, na consulta paramétrica, Terreno 03, com o valor de 64.62%. O menor percentual médio de acerto foi na etapa Terreno 04, expresso com o valor de 48.72% médio. Apesar dos valores acima já apresentarem um cenário de diferentes performances entre os métodos de consulta manual versus paramétrico, a análise através de valores médios ainda não traduzem, com profundidade, qual o comportamento do tempo em relação a cada participante durante cada uma das etapas.



Portanto, para verificar as variações do tempo durante as etapas do experimento, foram definidas variáveis que caracterizasse **aumento**, **diminuição** ou **não alteração** do tempo de duração para observar suas características. As primeiras análises de variação do tempo foram realizadas dentro de cada um dos métodos, ou seja, compararam-se os dados obtidos entre os terrenos 01 e 02 onde foi realizada a consulta manual e, na sequência, compararam-se os terrenos 03 e 04 onde se utilizou a consulta paramétrica. Depois dessa etapa, e finalizando a análise, foi então realizada a comparação entre os métodos de consulta manual e paramétrica.

Tabela 23: Consulta Manual - Localizar Zona urbana

| <b>Variação T2 - T1</b> | <b>Núm. de participantes</b> | <b>%</b>       | <b>Média de % T2-T1</b> |
|-------------------------|------------------------------|----------------|-------------------------|
| Aumentou                | 10                           | 25,64%         | 201,92%                 |
| Diminuiu                | 23                           | 58,97%         | -50,83%                 |
| Não alterou             | 6                            | 15,38%         | 0,00%                   |
| <b>Total Geral</b>      | <b>39</b>                    | <b>100,00%</b> | <b>21,79%</b>           |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Verifica-se, através da Tabela 23, a variação de tempo quando comparada ao terreno 01 (T1) e Terreno02(T2) em que foi realizada somente a consulta manual. Observa-se uma diminuição do tempo para uma maioria de 58.97% dos participantes onde estes reduziram o tempo numa média de -50.83% no Terreno 02. Aos participantes em que foi registrado um aumento tempo, esse valor foi de 201.92%, sendo esse grupo de pessoas correspondente a 25.64% dos alunos participantes e, por fim, o grupo em que não houve alteração do tempo nessas etapas corresponde a 15.38%.

Tabela 24: Consulta Paramétrica - Localizar Zona Urbana

| <b>Variação T4 - T3</b> | <b>Núm. de participantes</b> | <b>%</b>       | <b>Média de %T4-T3 GIS</b> |
|-------------------------|------------------------------|----------------|----------------------------|
| Aumentou                | 2                            | 5,13%          | 11,11%                     |
| Diminuiu                | 33                           | 84,62%         | -62,67%                    |
| Não alterou             | 4                            | 10,26%         | 0,00%                      |
| <b>Total Geral</b>      | <b>39</b>                    | <b>100,00%</b> | <b>-52,46%</b>             |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Já na Consulta paramétrica (Tabela 24) obtiveram-se resultados diferentes para essa mesma tarefa ZU. Realizando a comparação entre os terrenos consultados com o método paramétrico (Terreno 03 e Terreno 04) verificou-se um aumento no número de participantes que apresentaram uma diminuição do tempo em relação aos resultados encontrados na consulta manual. Tendo uma redução média de -62.67% do tempo de duração, o grupo em que foi verificada uma diminuição do tempo atingiu o percentual de 84.62% dos alunos participantes. Também houve uma diferença em relação à consulta manual no percentual de

alunos com registros de aumento de tempo, sendo esses um grupo de 5.13% de alunos e, quanto ao grupo de participantes sem alteração de tempo, registrou-se o valor de 10.26%.

A tarefa de cálculo de área (AE) também passou pelo mesmo processo de análise comparativa, podendo ser constatada na Tabela 25. Dessa forma, no método de consulta manual um grupo de 92.31% de alunos apresentou redução na duração do tempo, sendo caracterizado por uma diminuição média de -59.94% da etapa Terreno 02 para Terreno 01. Só 01(um) participante não apresentou alteração no tempo, em contrapartida em 2 participantes, verificou-se aumento do tempo entre as etapas, com um valor de 73.33% de média de aumento.

Tabela 25: Consulta Manual - Cálculo de áreas

| <b>Variação T2 - T1</b> | <b>núm. de participantes</b> | <b>%</b>       | <b>Média de % T2-T1 CAD</b> |
|-------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------------|
| aumentou                | 2                            | 5,13%          | 73,33%                      |
| diminuiu                | 36                           | 92,31%         | -59,94%                     |
| não alterou             | 1                            | 2,56%          | 0,00%                       |
| <b>Total Geral</b>      | <b>39</b>                    | <b>100,00%</b> | <b>-51,57%</b>              |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Já na Tabela 26, temos acesso aos dados referentes às variações de tempo da tarefa de cálculo de áreas entre as etapas de consulta paramétrica. Podemos verificar uma redução do grupo de estudantes que tiveram seu tempo diminuído, se comparado com a mesma tarefa na consulta manual, entre a tarefa do Terreno 03 e 04 correspondentes a 64.10% do total de participantes, tendo esses uma diminuição média de -65.38%. O valor de 30.77% da Tabela 26 refere-se ao percentual de estudantes que tiveram um aumento médio no seu tempo equivalente a 256.81%, e 5.13% diz respeito aos que não apresentaram alteração do tempo.

Enfim, iniciou-se a comparação direta entre os métodos através da segunda etapa de consulta de cada um deles, o Terreno 02 (manual) e o Terreno 04 (paramétrica).

Tabela 26: Consulta Paramétrica - Cálculo de Áreas

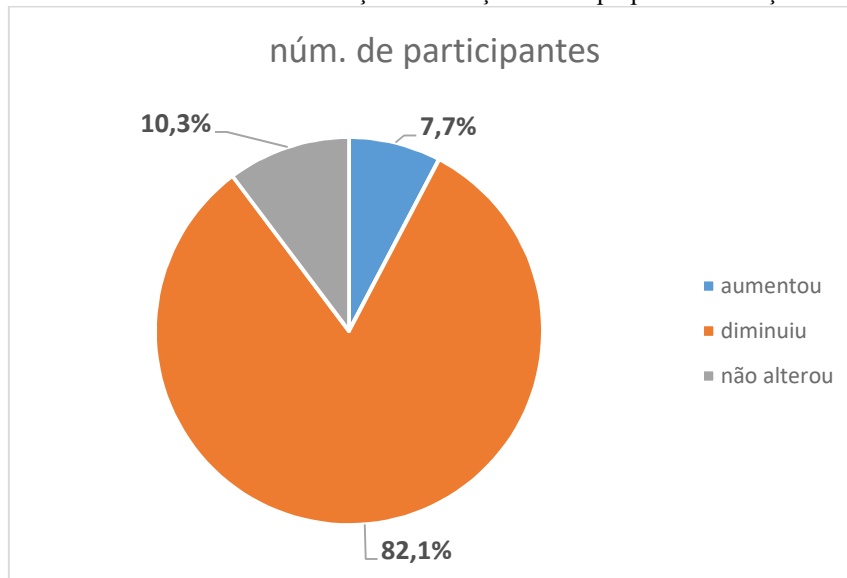
| <b>Variação T4 - T3</b> | <b>Núm. de participantes</b> | <b>%</b>       | <b>Média de % T4-T3 BIM</b> |
|-------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------------|
| Aumentou                | 12                           | 30,77%         | 256,81%                     |
| Diminuiu                | 25                           | 64,10%         | -65,38%                     |
| Não alterou             | 2                            | 5,13%          | 0,00%                       |
| <b>Total Geral</b>      | <b>39</b>                    | <b>100,00%</b> | <b>37,10%</b>               |

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Nesse ponto, o Gráfico mostra que em 82.1% participantes houve uma diminuição do tempo de duração da tarefa de localizar a zonas urbana(ZU) ao usar o método de consulta

paramétrica, sendo seguindo por um grupo de 10.3% em que não houve alteração e 7.7% em que aumentou essa duração.

Gráfico 02 - Manual x Paramétrica –Alteração da duração do tempo para localização de zona urbana



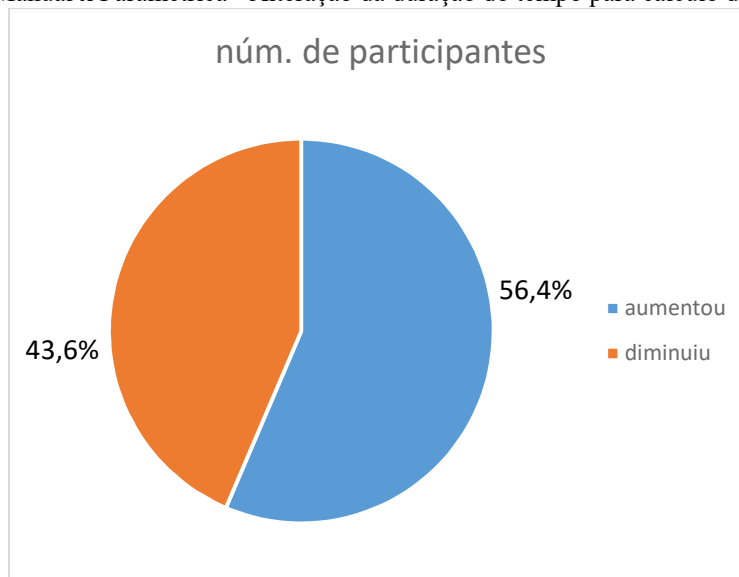
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Em relação ao cálculo de áreas (Gráfico 03), tivemos um valor de 43.59% de participantes que apresentaram uma diminuição na duração do tempo de consulta ao usar o método paramétrico, não tendo dessa vez, participantes em que não foi detectada qualquer alteração. O último tópico do protocolo de testes previa coletar informações do perfil do participante quanto à sua experiência durante o experimento da pesquisa e as percepções sobre seu processo de consulta a legislação.

A primeira questão está relacionada ao processo de consulta, ou seja, à forma de como ele obteve as informações dos documentos do plano diretor (código de urbanismo) durante a etapa de consulta manual do experimento. Como resultado 58.97% afirmaram ter usado o material disponibilizado na pesquisa conforme ilustra o Gráfico 04 - Consulta Manual – obtenção de informações. Na sequência temos 12.82% que informaram ter feito consulta a colegas de turma e material disponibilizado na pesquisa, e, quanto aos que Informaram ter utilizado material didático da disciplina de projeto e material disponibilizado na pesquisa, esses correspondem a 10.26% dos participantes. Somente 2 estudantes relataram ter usando unicamente o material didático da disciplina de projeto, e 1(um) foi o equivalente à quantidade de participantes para cada uma das situações a seguir: consulta a colegas de turma; Estágio; Material disponibilizado na pesquisa e Google maps; Visita ao site da prefeitura;

Visita ao site da prefeitura, Material disponibilizado na pesquisa e localização do terreno pelo Google Maps.

Gráfico 03 - Manual x Paramétrica - Alteração da duração do tempo para cálculo de áreas

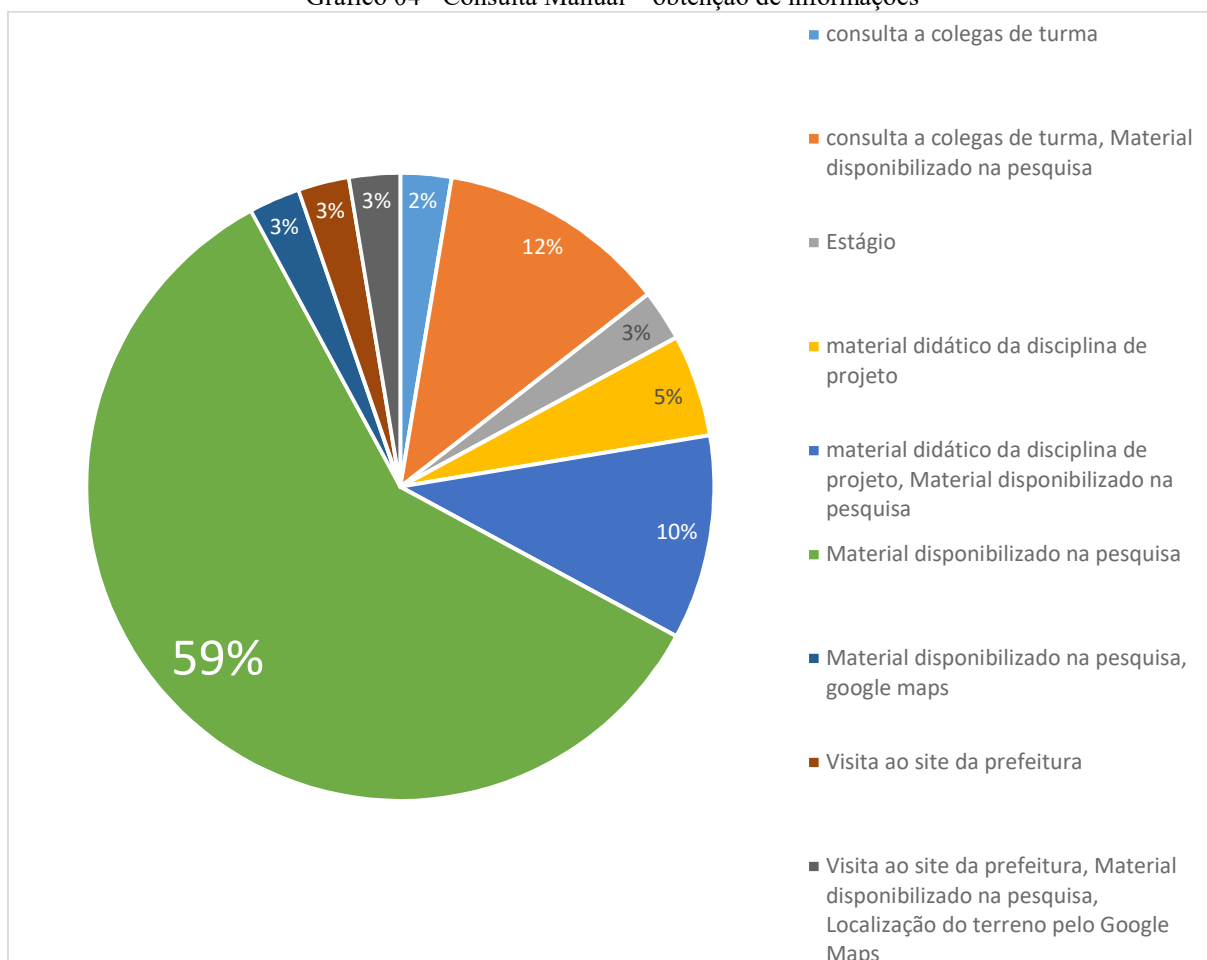


Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A segunda questão também pretende entender os recursos relacionados à forma de obtenção de informações, só que agora, durante a consulta paramétrica do experimento (Gráfico 05). Com uma maioria de 35.90%, os participantes informaram ter recorrido ao material disponibilizado na pesquisa, sendo seguido com 25.64%, por dois grupos onde um informou ter obtido informações através do protótipo de consulta automática da pesquisa e o outro grupo conseguiu informações pelo material disponibilizado na pesquisa e através do protótipo de consulta automática da pesquisa.

Como único recurso recorrido, o material didático da disciplina de projeto foi utilizado por 7.69%, e novamente dois grupos, nesse caso, composto por um 1(um) estudante cada um, recorreram aos seguintes conjuntos de opções: a consulta a colegas de turma, material disponibilizado na pesquisa e através do protótipo de consulta automática da pesquisa; e o outro ao material didático da disciplina de projeto e material disponibilizado na pesquisa.

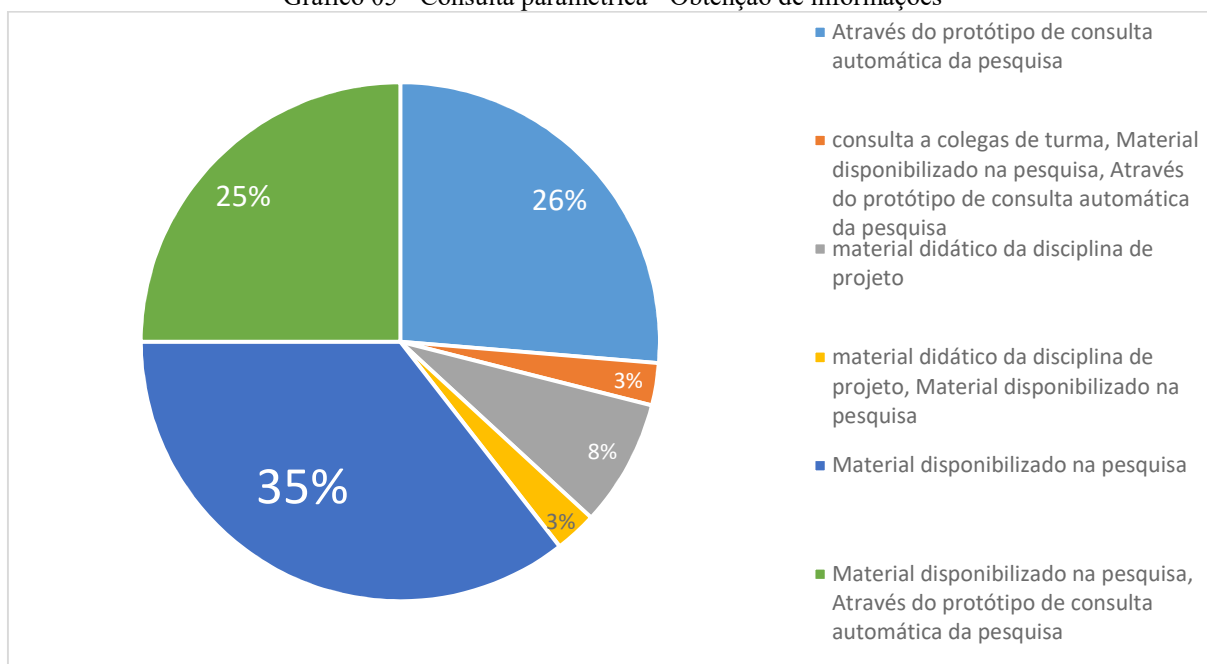
Gráfico 04 - Consulta Manual – obtenção de informações



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Quando questionados se antes de iniciar um projeto arquitetônico numa área urbana, o participante já teve a necessidade de consultar por mais de 01(uma) vez os documentos legislativos, chegamos a uma maioria de 89.74% que “sim”, precisaram recorrer várias vezes aos documentos normativos. Diante disso, buscou-se compreender se o participante já havia criado algum mecanismo para agilizar essa atividade no seu dia-a-dia, juntamente com a opinião dele em se considera ágil o método atual que utiliza para realização dessas tarefas. Dos 39 participantes, 27 desses consideram ágil seu método de consulta, tendo 3 deles já criado algum mecanismo para tornar mais ágil essa tarefa, e dos 12 restantes que não consideram ágil seu método, só 1(um) aluno já criou algo para agilizar o processo dessa tarefa. A grande maioria de 35 alunos não criou nenhum mecanismo para otimizar, através de alguma automação, a realização dessa tarefa.

Gráfico 05 - Consulta paramétrica - Obtenção de informações



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Diante da pergunta “Conhece alguma ferramenta que realize a consulta a legislação urbana de forma automática?”, um número de 37 participantes respondeu que não conhece, mas entre eles, 2 fazem parte do grupo que já criou algum mecanismo para tornar ágil a execução dessa tarefa. E, quanto aos 2 participantes restantes que disseram já conhecer uma ferramenta de automação dessa tarefa, eles já criaram algum tipo de mecanismo para agilizar essa atividade no seu dia-a-dia.

A última pergunta do formulário pretendia verificar a percepção dos participantes quanto à utilidade do protótipo desenvolvido na pesquisa onde todos responderam que consideram útil seu uso no processo de produção de um projeto de arquitetura.

Tem-se, portanto, a conclusão da análise dos resultados obtidos na pesquisa, a qual é finalizada com a validação do protótipo. Quando comparados os métodos manual e paramétrico, seus resultados apresentam uma otimização no tempo de consulta dos participantes ao código de urbanismo através dos processos definidos no sistema com suporte em GISweb para a tarefa de localização da Zona urbana. Já nos processos definidos no sistema com suporte em BIM não tivemos uma otimização para a maioria dos participantes, contrariando a literatura do referencial teórico. No entanto, percebe-se que a consulta paramétrica interferiu no modo de consulta aos documentos legais. Durante a consulta manual, um maior percentual de alunos (59%) consultou os documentos que foram disponibilizados para o participante, ao passo que, na consulta paramétrica, esse percentual

caiu para 35% que declararam ter realizado a consulta paramétrica usando o material disponibilizado na pesquisa.

Quanto aos resultados da etapa de desenvolvimento do protótipo, alcançou-se uma estrutura mínima de um modelo paramétrico capaz de interpretar os valores dos índices urbanísticos das zonas urbanas e usos permitidos escolhidos para o experimento seguindo o referencial da pesquisa que era o modelo para um sistema de verificações automáticas apresentado por Eastman et al (2009). As derivações geométricas criadas a partir da escolha das famílias cujas naturezas correspondem a uma zona urbana da cidade, permitem a visualização tridimensional resultante da aplicação dos afastamentos previstos na tabela de zoneamento urbano do código de urbanismo, permitindo uma consulta a esses dados de forma interativa. No entanto, a derivação da geometria (dos afastamentos e da quantidade de pavimentos) com base no uso do recurso de parâmetros globais disponíveis no ambiente de projeto do Revit, pode dificultar a visualização para diferentes terrenos num mesmo arquivo de projeto, sendo passível de investigações noutro momento.

Por fim, a análise documental permitiu compreender que o Código de urbanismo sozinho é insuficiente para interpretar todos os índices urbanísticos previstos na legislação. A exemplo do índice de aproveitamento que é citado várias vezes junto as tabelas de zoneamento para sua informação só é encontrada noutros documentos, o plano diretor e o mapa de macrozoneamento. Essa constatação reafirma a justificativa do desenvolvimento da pesquisa voltada para o desenvolvimento de um protótipo de um sistema que junte os dados desses documentos num mesmo ambiente.

No próximo capítulo, apresentaremos as considerações finais concluídas a partir dos resultados alcançados na pesquisa e, assim, realizar uma discussão sobre o desenvolvimento do protótipo, suas aplicações e futuras estratégias de desenvolvimento para a ampliação do seu alcance como ferramenta de suporte à tomada de decisão.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E DISCUSSÕES

A presente dissertação teve, como objetivo geral, desenvolver um protótipo de um sistema para a realização de consultas paramétricas relativamente aos índices urbanísticos do Código de urbanismo de João Pessoa com suporte no uso de ferramentas de modelagem BIM e GIS. A metodologia da pesquisa foi planejada a partir da definição dos seus objetivos específicos, onde se estruturou uma análise documental para descrever o processo de consulta ao código de urbanismo de João Pessoa, bem como uma coleta de dados através de observações sistemáticas para propor o desenvolvimento do sistema do protótipo de um modelo paramétrico para consultas com suporte nas tecnologias BIM e GIS e, por fim, a aplicação de questionários para validar o uso do protótipo desenvolvido.

A realização do experimento de validação do protótipo foi importante, pois, através de seus resultados, permitiu-se desenhar um cenário de possibilidades para o planejamento de estratégias para o seu contínuo desenvolvimento. No entanto, o fato de todos os que finalizaram o protocolo de testes da pesquisa terem considerado útil o protótipo desenvolvido para a produção de um projeto de arquitetura, não quer dizer que não há melhorias a serem realizadas. Durante a fase de desenvolvimento do protótipo, constatou-se limitações na sua performance, dadas as características das propriedades dos ambientes das tecnologias investigadas, bem como outros pontos que se revelaram após a análise dos resultados do experimento realizado.

A hipótese quanto ao desempenho do sistema do protótipo paramétrico era de que ele otimizasse o processo de consulta ao código de urbanismo. Essa otimização seria caracterizada por uma redução no tempo de duração dessa tarefa. Através dos resultados obtidos na sua validação, ao comparar o método manual com o paramétrico, perceberam-se diferentes resultados em cada uma das duas tarefas que foram caracterizadas dentro do seu processo, ZU e AE. Para a tarefa de localização urbana (ZU), tivemos uma redução para um maior grupo de participantes, 82,1% (Gráfico 02) do que na tarefa de cálculo de áreas (AE), 43,6% (Gráfico 03). Com isso, percebe-se uma maior eficiência do protótipo em reduzir o tempo, através da estrutura com suporte na tecnologia GIS, que permitiu o desenvolvimento da tarefa ZU, em relação à tecnologia BIM que ficou responsável pela tarefa AE.

Esses valores podem estar diretamente relacionados à forma de obtenção de informações durante as consultas apresentadas nos Gráfico 02 e Gráfico 03. Durante a consulta manual, uma maioria de 58,97% recorreu unicamente ao material disponibilizado na pesquisa, porém, esse material também foi utilizado junto a outros 5 formatos de consulta



dentre as 9 formas que surgiram. A hipótese era de que, na consulta paramétrica, já não se fizesse mais necessário o uso desse material (que se trata dos documentos e mapas originais do código de urbanismo disponibilizados), uma vez que o protótipo poderia substituí-los por tratar a informação que está descrito neles através das tecnologias que deram suporte à sua produção. O Gráfico 05 mostrou que eles ainda foram utilizados, mesmo que em conjunto com o protótipo. Também se depreendeu que seu uso isolado foi afirmado por um grupo de 35,90%, o que representa uma redução em relação à consulta manual. A obtenção de informações isoladamente através do protótipo foi afirmada por 25,64% mas, se somado ao seu uso concomitante com outras formas declaradas, esse valor sobe para 53,84% permitindo constatar que o uso do protótipo gerou mudanças no processo de consulta dos participantes.

Há vários fatores que poderiam também estar relacionados a esse percentual de uso do protótipo, mas que não foram mensurados como, por exemplo, a experiência do usuário no manejo do REVIT®, sua insegurança em relação aos resultados apresentados nos relatórios do protótipo, insuficiência de informações no treinamento disponibilizado no meio do processo ou outros.

A metodologia de coleta de dados realizada permitiu a captação de dados através de uma amostragem por conveniência definida na pesquisa, tornando-se válida para a análise de dados prevista na pesquisa, considerando o ajuste que foi realizado no método para alcançar um maior número de participantes. O aumento da coleta de dados não se deu necessariamente pelo prolongamento do tempo de coleta, mas sim, através de uma mudança do planejamento estratégico na metodologia de coleta de dados.

Apesar de várias pesquisas científicas contarem com esse tipo de metodologia de envio e recebimento de dados por meio eletrônico, para esta pesquisa não se mostrou amplamente eficiente. Segundo ECO (1997, p. 56), essas constatações fazem parte do ciclo de vida de uma pesquisa científica:

O aspecto positivo do um método científico é que ele nunca faz perder tempo aos outros: mesmo trabalhar na esteira de uma hipótese científica, para depois descobrir que é necessário refutá-la. Significa ter feito qualquer coisa de útil sob o impulso de uma proposta anterior. Se a minha tese serviu para estimular alguém a fazer outras experiências [...] consegui alguma coisa de útil.

Considerando o resultado positivo dessa mudança, teríamos tido uma ampliação desse grupo de participantes, caso o planejamento do cronograma da pesquisa permitisse incluir, por exemplo, mais uma semana por faculdade, dando a possibilidade inclusive de uma maior equivalência entre seus alunos participantes. Diante de perspectivas futuras para o contínuo

desenvolvimento do protótipo, acredita-se ser válido apresentar os resultados obtidos às faculdades participantes, e formular uma parceria com os professores das disciplinas de interesse para desenvolver um plano de aula em que se possa incluir, efetivamente, o uso do protótipo para uma atividade específica, baseando-se no próprio protocolo de teste da pesquisa como ponto de partida. Assim, atingir-se-ia uma coleta de dados mais ampla, refinando, portanto, os números dos resultados como também podendo ser ampliada a quantidade de perguntas relacionadas ao perfil do usuário e suas percepções para que se tornem mais assertivas.

De toda forma, calculando uma média com os 2 valores percentuais correspondentes ZU e AE, na comparação da consulta manual x paramétrica, atingiu-se um valor médio de diminuição de tempo para uma maioria de 62,85% dos participantes, caracterizada por uma redução média de 56,88% do tempo de duração da atividade.

A pesquisa teve seu início pelo campo científico da arquitetura e urbanismo, mas, durante o seu desenvolvimento, e diante das descobertas revelada pelos referenciais teóricos consultados, houve um entrelaçamento com outros campos da ciência como o estudo do geoprocessamento com suporte na tecnologia GIS que, por sua vez, está amparado na ciência da computação através da linguagem de programação *Python*. A partir desse ponto, a pesquisa recebeu a colaboração direta de docentes e discentes do Instituto Federal da Paraíba – IFPB, dos cursos de Geoprocessamento e de Técnico em Edificações do campus João Pessoa e Princesa Isabel. Essa colaboração teve, como objetivo, dar suporte técnico às etapas operacionais de alimentação do banco de dados do sistema GIS do protótipo em estudo. A experiência de colaboração interdisciplinar se mostrou muito interessante ao permitir um intercâmbio de saberes entre os participantes e suas instituições, revelando a capacidade da pesquisa em agregar e contribuir para a formação de uma ampla rede de produção científica focada no tema estudado.

## 5.1 Direcionamento futuros

Analisando as exceções, o bairro de Manaíra possui uma questão a ser considerada e que é relativa ao cálculo da altura final da edificação por se tratar de um espaço urbano que faz limite com a orla marítima. Há uma “altura máxima da edificação, medida a partir da altura da linha do meio-fio da testada do imóvel até o ponto mais alto da cobertura, será igual 12,90 metros, mais a distância calculada no inciso anterior vezes 0,0442” (BRASIL, 1994, p. 14), porém, não foi considerado por fazer parte do artigo 25 descrito noutro documento, o

Plano Diretor da cidade, que não estava contemplado na descrição do processo de consulta apresentado na pesquisa.

Quando uma maioria de 94,8% dos participantes diz não conhecer uma ferramenta que realiza uma consulta automática à legislação, mas considera útil o protótipo desenvolvido, podemos entender que há um relevante campo de trabalho a ser explorado quanto à disseminação de conhecimento sobre ferramentas paramétricas a fim de contribuir para o desenvolvimento de novos estudos acadêmicos, e deseja-se que a pesquisa possa dar contribuições futuras.

Uma hipótese é de que as disciplinas de representação gráfica não explorem esse assunto dentro de sua estrutura pedagógica o que permitiria conhecer os mecanismos já existentes. Dessa forma, uma possibilidade seria promover atividades no âmbito acadêmico que permitam aos estudantes o contato com ferramentas que tenham essas características na sua estrutura, estimulando a criação de elementos parametrizáveis, a exemplo do próprio ambiente de famílias do software REVIT® – escolhido para o método dessa pesquisa. No entanto, uma vez que 69,2% dos alunos já consideram como ágil seu método atual, poderia ser entendido que não há garantias de êxito mesmo diante de uma estrutura didático-pedagógica planejada por um professor para apropriação desse conhecimento. E, dentre esses, só 3 criaram algo nessa direção, provavelmente, de forma autônoma, ainda que considerem seu método atual como sendo ágil. Estar em contato, porém, com um novo conhecimento sempre será algo que permite a possibilidade de uma autocrítica podendo, então, mudar esse cenário.

Uma das melhorias no protótipo que devem ser realizadas é a relação de pertencimento quando um dado polígono de um terreno for desenhado numa dada posição, de modo que o faça pertencer a duas zonas urbanas. O sistema não está preparado para fazer a escolha por alguma delas, de sorte que é imprescindível implementar-se um aprofundamento sobre a abordagem do código de urbanismo em relação a esse tipo de situação.

Os métodos de integração entre as informações geradas no relatório da interface com suporte em GIS para o BIM devem ser também foco de estudos futuros a fim de explorar mais caminhos para uma integração entre os processos envolvidos no uso das tecnologias tendo em vista a otimização do tempo investido na tarefa de consulta. A depender dos resultados encontrados nesses estudos futuros, há possibilidades de registro de patentes do sistema ou sub-sistemas ( a estrutura em GIS ou em BIM) considerando as inovações exploradas no campo de consulta a documentos legislativos que uma vez consolidado abre caminho para

criação de startups que possam transformar a pesquisa em um produto ou serviço para a sociedade em geral.

No serviço público, os gestores da cidade de João Pessoa, bem como de outras cidades, poderão, a partir do contato com os resultados da pesquisa, motivar a criação de mecanismos para incentivar o desenvolvimento de ferramentas que deem suporte aos profissionais da construção civil quanto à consulta de documentos legais da cidade, melhorando a compreensão sobre seus aspectos.

Por fim, espera-se que o trabalho desenvolvido contribua para o campo de pesquisa da verificação automática de regras de códigos urbanos, visto ainda tratar-se de um campo a ser amplamente explorado em diversas municipalidades quanto aos respectivos documentos legais que disciplinam o uso e a ocupação do solo urbano.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 6505**: Índices urbanísticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- ADDOR, M. et al. **Guia AsBEA de Boas Práticas em BIM**. Fascículo 2 - Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução AsBEA. [s.l: s.n.], 2015.
- ADDOR, M. et al. **Guia ASBEA: Boas práticas em BIM**. Fascículo 1 - Estruturação do escritório de projeto para a implantação do BIM. [s.l: s.n.], 2013.
- ALMEIDA, Fernando; ANDRADE, Max. GIS como instrumento catalisador de uma Cidade Inteligente. **Blucher Design Proceedings**, v. 2, n. 3, p. 46-50, 2015.
- ABNT. **NBR 13531**: Elaboração de projetos de edificações - Atividades técnicas. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.
- AUTODESK HELP. About Parameters | Revit Products | Autodesk Knowledge Network.
- AUTODESK HELP. Estrutura de arquivo CSV.
- BALDAUF, J. P.; FORMOSO, C. T.; MIRON, L. I. G. Modelagem de requisitos de clientes de empreendimentos habitacionais de interesse social com o uso de BIM. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 3, p. 177–195, 2013.
- BERTALANFFY, LU. VON. **Teoria General de los Sistemas**: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones, 1ª ed. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2007.
- BRASIL, S. DE P. **Plano diretor da cidade de João Pessoa**, Brasil. João Pessoa: [S.n.], 1994.
- BRASIL. **Código de urbanismo de João Pessoa**. João Pessoa: [S.n.], 2001.
- CITIES, S. Creating Smarter Cities - Lessons From the Smart Cities IVB North Sea Region Programme, [S.l.; s.n.; s.d.].
- DAVIS JR., C. A.; SOUZA, L. A. de; BORGES, K. A. V. Disseminação de dados geográficos na Internet. In: **Banco de dados geográficos**. Curitiba: MundoGeo, 2005.
- DIMYADI, J.; AMOR, R. Automated Building Code Compliance Checking. AMIDDS - Architectural Management & IDDS. **Anais...**Brisbane: CIB General Secretariat, 2013
- DONATH, D.; LOBOS, D. Massing Study Support: A new tool for early stages of architectural design. **Architecture in Computro** [26th eCAADe Conference Proceedings], v.3, p. 101–108, setembro 2008.
- EASTMAN, C. et al Automatic rule-based checking of building designs. **Automation in Construction**, v. 18, n. 8, p. 1011–1033, 2009.
- EASTMAN, C. et al. **Manual do BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ECO, U. **Como se faz tese em ciências humanas**. 13° ed. Barcarena, Pará: Editora Presença, 1997.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento Sem Complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FRANCISCO, C. N. et al. **Estudo Dirigido em SIG**. Universidade Federal Fluminense, p. 1–23, 2016.

FREITAS, R. A. P. **Preservação Digital de Bases de Dados Relacionais**. Braga-Portugal: Universidade do Minho, 2008.

GAMA, K.; ALVARO, A.; PEIXOTO, E. **Em direção a um modelo de maturidade tecnológica para cidades inteligentes**. Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, 8, n. Sbsi, p. 150–155, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4° ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6° ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2008.

HUDSON, R. **Parametric Development of Problem Descriptions**. v. 07, n. 02, p. 199–216, [s.d.].

JOÃO PESSOA. Código de urbanismo de João Pessoa, 2001. Disponível em: [http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/03/codi\\_urba.pdf](http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/03/codi_urba.pdf). Acesso em: 14 set. 2019.

KIM, J. B.; CLAYTON, M. J.; YAN, W. Parameterize Urban Design Codes with BIM and Object-Oriented Programming. Open Systems: Proceedings of the 18th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2013). **Anais...** Hong kong, 2013.

KREIDER, R.; MESSNER, J.; DUBLER, C. **Determining the frequency and impact of applying bim for different purposes on projects**. p. 1–10, UK, 2010.

LESSA, R. O.; LESSA JUNIOR, E. O. Modelos de Processos de Engenharia de Software. n. 1, p. 9, 2009.

LIMA, M. Q. C.; FREITAS, C. F. S. Modelagem paramétrica e os limites dos mecanismos tradicionais de regulação da forma urbana. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 4, n. 1, p. 117–138, 2016.

LOPES, L. G. N.; SILVA, A. G.; GOURLART, A. C. O. A Teoria Geral do Sistema e suas aplicações nas ciências naturais. **Natureza On line**, v. 13, n. 1, p. 1–5, 2015.

LUBELEY, K.; MIERENDORF, E. **Making full use of the power of lookup tables**. Las Vegas: Autodesk University, 2013.

NETTO, Vinicius de Moraes; SABOYA, Renato T. de. A urgência do planejamento: a revisão dos instrumentos normativos de ocupação urbana. **Arquitextos**, São Paulo, v. 125.02, n. 11, 2010, jan., 2010.

NEW YORK. Zola - Zoning and Land Use. Disponível em:  
<https://zola.planning.nyc.gov/data#9.72/40.7125/-73.733>. Acesso em: 13 abr. 2018.

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de informações e as decisões gerenciais na era da internet**. 3º ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2011.

PELLITTERI, G.; LATTUCA, R.; CONCIALDI, S. Architectural shapes generated in 3d geobrowser through environmental constraints. 4th Arab Society for Computer Aided Architectural Design. **Anais...**Manama, bahrian: 2009.

RICHARDSON, Roberto Jarry et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 14. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2014.

ROLNIK, Raquel et al. **Como produzir moradia bem localizada com recursos do Programa Minha Casa Minha Vida: Implementando os instrumentos do Estatuto da Cidade**. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

SANTOS, E. R.; DUARTE, T. M. P.; SALGADO, M. DOS S. **Gestão de equipes no processo de legalização de projetos de edificações utilizando a plataforma Bim**. ENTAC 2016: Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção, p. 3255–3264, 2016.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. Classification of rules for automated BIM rule checking development. **Automation in Construction**, v. 53, p. 69–82, 2015.

STEINO, N. Parametric thinking in urban design – A geometric approach. Ascaad, 2010. **Anais...**Fez, Marrocos: 2010.

TIRKKONEN, T. Background , Objectives and. 2014.

TURKIENICZ, B.; LINDEN, J. C. DE S. VAN DE. Documento de área 2009 - Arquitetura, Urbanismo e Design. p. 1–47, 2009.

VARGAS, J. C. B.; SILVA, I. C. S. DA. Simulação de Envelopes Morfológicos: o Software e o Arquiteto na Especulação Tipológica. **International Journal**, 2009.

## APÊNDICE A -LISTA DE PRÉ-CADASTRO DE PARTICIPANTES

Tabela 27: Lista de pré-cadastro

| <b>Pré-cadastrado de<br/>participantes voluntários</b> |       | <b>Etapa</b> |                                         | <b>Coleta de dados</b> |
|--------------------------------------------------------|-------|--------------|-----------------------------------------|------------------------|
| Universidade                                           |       | período      |                                         |                        |
| Nome                                                   | email | telefone     | disciplina de projeto que está cursando |                        |
| 1                                                      |       |              |                                         |                        |
| 2                                                      |       |              |                                         |                        |
| 3                                                      |       |              |                                         |                        |
| 4                                                      |       |              |                                         |                        |
| 5                                                      |       |              |                                         |                        |
| 6                                                      |       |              |                                         |                        |
| 7                                                      |       |              |                                         |                        |
| 8                                                      |       |              |                                         |                        |
| 9                                                      |       |              |                                         |                        |
| 10                                                     |       |              |                                         |                        |
| 11                                                     |       |              |                                         |                        |
| 12                                                     |       |              |                                         |                        |
| 13                                                     |       |              |                                         |                        |
| 14                                                     |       |              |                                         |                        |
| 15                                                     |       |              |                                         |                        |
| 16                                                     |       |              |                                         |                        |
| 17                                                     |       |              |                                         |                        |
| 18                                                     |       |              |                                         |                        |
| 19                                                     |       |              |                                         |                        |
| 20                                                     |       |              |                                         |                        |

Fonte: Dados da pesquisa (2019)



## APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO

Prezado (a),

Esta pesquisa trata sobre o desenvolvimento de um protótipo para consulta paramétricas aos índices urbanísticos da cidade de João Pessoa com suporte nas tecnologias Building Information Modeling - BIM e Geographic Information System – GIS que está sendo realizada pelo pesquisador Antonio Gonçalves de Farias Júnior, aluno do Programa de Pós-graduação em Arquitetura Urbanismo da UFPB, sob orientação da Prof. Dr. Carlos Alejandro Nome.

O objetivo do estudo é a avaliação do desempenho do protótipo durante o desenvolvimento de um estudo de viabilidade de um projeto de arquitetura. A finalidade deste trabalho é contribuir com a realização de automações no processo de produção do projeto de arquitetura que possam ser capazes de gerar maior produtividade para os profissionais que atuam nessa área.

Solicitamos a sua colaboração para responder ao questionário que envolverá a realização de uma simples tarefa, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos de áreas correlatas e publicações científicas. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome ou informações pessoais será mantido em total sigilo. Informamos que essa pesquisa não oferece riscos para a sua saúde ou qualquer questão trabalhista com o empregador. Os dados obtidos pelo questionário serão utilizados exclusivamente no âmbito acadêmico.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o (a) senhor (a) não é obrigado (a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo pesquisador (a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano.

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

João Pessoa, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

---

Participante da Pesquisa

---

Testemunha

Caso necessite de informações adicionais sobre o presente estudo, entrar em contato com:

Antonio Gonçalves de Farias Júnior  
 ☐: (83) 98815-5741  
 e-mail: farias.antonio@gmail.com

Carlos Alejandro Nome  
 ☐: (83) 99816-8912  
 e-mail: carlos.nome@gmail.com

Comitê de Ética em Pesquisa  
 Centro de Ciências da Saúde da Universidade  
 Federal da Paraíba - Campus I - Cidade  
 Universitária - 1º Andar  
 CEP 58051-900 - João Pessoa/PB  
 ☐☐(83) 3216-7791  
 e-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

### APÊNDICE C - BANCO DE DADOS DA TABELA DE PESQUISA DO AMBIENTE BIM

|               | Uso_Permitido##length##meters | AM##length##meters | FM##length##meters | TX_TERREO##length##meters | TX_PAV01##length##meters | TX_PAV02##length##meters | TX_PAV03##length##meters | TX_DEMAIS##length##meters | IA##length##meters | ALM##length##meters | RFO##length##meters | RL_TERREO##length##meters | RL_PAV01##length##meters | RL_PAV02##length##meters | RL_PAV03##length##meters | RL_DEMAIS##length##meters | RFU_TERREO##length##meters | RFU_PAV01##length##meters | RFU_PAV02##length##meters | RFU_PAV03##length##meters | RFU_PAV04##length##meters | RFU_DEMAIS##length##meters |
|---------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| ZR1 - R1      | 1.1                           | 360                | 12                 | 0.5                       | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                       | 4                  | 2                   | 5                   | 1.5                       | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                       | 3                          | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         | 3                          |
| ZR1 - R2      | 1.2                           | 450                | 15                 | 0.5                       | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                       | 4                  | 2                   | 5                   | 1.5                       | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                       | 3                          | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         | 3                          |
| ZR1 - R3      | 1.3                           | 0                  | 0                  | 0.5                       | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                       | 4                  | 2                   | 5                   | 1.5                       | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                       | 3                          | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         | 3                          |
| ZR1 - R4      | 1.4                           | 0                  | 0                  | 0                         | 0                        | 0                        | 0                        | 0                         | 4                  | 2                   | 0                   | 0                         | 0                        | 0                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                         | 0                         | 0                         | 0                         | 0                          |
| ZR1 - R5_2    | 1.52                          | 600                | 15                 | 0.4                       | 0.4                      | 0.4                      | 0.4                      | 0.4                       | 4                  | 2                   | 5                   | 4                         | 4                        | 4                        | 4                        | 4                         | 4                          | 4                         | 4                         | 4                         | 4                         | 4                          |
| ZR1 - R5      | 1.5                           | 600                | 15                 | 0.35                      | 0.35                     | 0.35                     | 0.35                     | 0.35                      | 4                  | 3                   | 5                   | 4                         | 4                        | 4                        | 4                        | 4                         | 5                          | 5                         | 5                         | 5                         | 5                         | 5                          |
| ZR1 - R6      | 1.6                           | 900                | 20                 | 0.3                       | 0.3                      | 0.3                      | 0.3                      | 0.3                       | 4                  | 0                   | 5                   | 4.44                      | 4.44                     | 4.44                     | 4.44                     | 4.44                      | 4.44                       | 4.44                      | 4.44                      | 4.44                      | 4.44                      | 4.44                       |
| ZR1 - R8_3    | 1.8                           | 360                | 12                 | 0.55                      | 0.55                     | 0.55                     | 0.55                     | 0.55                      | 4                  | 0                   | 5                   | 1.5                       | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                       | 3                          | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         | 3                          |
| ZR1 - CL_SL_4 | 1.101                         | 360                | 12                 | 0.5                       | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                       | 4                  | 3                   | 5                   | 1.5                       | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                       | 3                          | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         | 3                          |
| ZR1 - CB_SB   | 1.102                         | 450                | 15                 | 0.5                       | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                       | 4                  | 3                   | 5                   | 2                         | 2                        | 2                        | 2                        | 2                         | 3                          | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         | 3                          |
| ZR1 - IL      | 1.111                         | 600                | 15                 | 0.5                       | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                       | 4                  | 2                   | 5                   | 1.5                       | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                       | 3                          | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         | 3                          |
| ZR1 - IPP_5   | 1.112                         | 600                | 15                 | 0.5                       | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                       | 4                  | 2                   | 5                   | 1.5                       | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                       | 3                          | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         | 3                          |
| ZA3 - R1      | 6.1                           | 360                | 15                 | 0.5                       | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                       | 4                  | 1                   | 5                   | 1.5                       | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                       | 2                          | 2                         | 2                         | 2                         | 2                         | 2                          |
| ZA3 - R2      | 6.2                           | 450                | 15                 | 0.5                       | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                       | 4                  | 2                   | 5                   | 1.5                       | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                      | 1.5                       | 3                          | 3                         | 3                         | 3                         | 3                         | 3                          |
| ZA3 - R5      | 6.3                           | 600                | 20                 | 0.3                       | 0.3                      | 0.3                      | 0.3                      | 0.3                       | 4                  | 4                   | 5                   | 4                         | 4                        | 4                        | 4                        | 4                         | 4                          | 4                         | 4                         | 4                         | 4                         | 4                          |
| ZA3 - R5_1    | 6.4                           | 600                | 20                 | 0.3                       | 0.3                      | 0.3                      | 0.3                      | 0.3                       | 4                  | 0                   | 5                   | 4                         | 4                        | 4                        | 4                        | 4                         | 4                          | 4                         | 4                         | 4                         | 4                         | 4                          |
| ZA3 - R6      | 6.5                           | 600                | 30                 | 0.3                       | 0.3                      | 0.3                      | 0.3                      | 0.3                       | 4                  | 0                   | 5                   | 4.44                      | 4.44                     | 4.44                     | 4.44                     | 4.44                      | 0                          | 4.44                      | 4.44                      | 4.44                      | 4.44                      | 4.44                       |

|                  |        |     |    |     |     |     |     |     |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|--------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ZA3 - CL SL      | 6.6    | 360 | 12 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 3 | 5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
| ZA3 - CB SB      | 6.7    | 360 | 12 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 4 | 0 | 5 | 0    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
| ZA3 - CP SP      | 6.8    | 600 | 20 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 4 | 0 | 5 | 0    | 2    | 2    | 3.33 | 3.33 | 2    | 2    | 2    | 2    | 3.33 | 3.33 |
| ZA3 - CP SP_R6_2 | 6.9    | 600 | 20 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 4 | 0 | 5 | 0    | 2    | 2    | 3.33 | 3.33 | 2    | 2    | 2    | 2    | 3.33 | 3.33 |
| ZA3 - IR         | 6.11   | 600 | 20 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 0 | 5 | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| ZA3 - IPP 3      | 6.12   | 360 | 12 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 0 | 5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| ZT2-R1           | 112.1  | 360 | 12 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 3 | 5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| ZT2-R2           | 112.2  | 360 | 12 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 2 | 5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| ZT2-R3           | 112.3  | 450 | 15 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 2 | 5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| ZT2-R4           | 112.4  | 0   | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 4 | 0 | 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| ZT2-R5_2         | 112.5  | 600 | 15 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 4 | 0 | 5 | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| ZT2-R6           | 112.6  | 900 | 30 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 4 | 0 | 5 | 4.44 | 4.44 | 4.44 | 4.44 | 4.44 | 4.44 | 4.44 | 4.44 | 4.44 | 4.44 | 4.44 |
| ZT2-CL SL        | 112.7  | 360 | 12 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 2 | 5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| ZT2-CB SB 3      | 112.8  | 450 | 15 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 3 | 5 | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| ZT2-SB FLAT      | 112.9  | 360 | 12 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 4 | 5 | 0    | 2    | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| ZT2-CP SP        | 112.11 | 600 | 20 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 4 | 0 | 5 | 0    | 2    | 2    | 2    | 4.44 | 3    | 3    | 3    | 3    | 4.44 | 4.44 |
| ZT2-SP FLAT      | 112.12 | 600 | 15 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 4 | 0 | 5 | 0    | 2    | 2    | 2    | 4.44 | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 4.44 |
| ZT2-IB           | 112.13 | 600 | 20 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 2 | 5 | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
| ZT2-IPP          | 112.14 | 360 | 12 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 | 2 | 5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |

## APÊNDICE D - FÓRMULA CONDICIONAL PARA DERIVAÇÃO DOS AFASTAMENTOS

### Lado A

if(A = 1, size\_lookup(tabela, "RFO", Número\_ref, Número\_ref), if(A = 2, if(size\_lookup(tabela, "RL\_TERREO", Número\_ref, Número\_ref) = 4.44 m, 4 \* (h / 10), if(size\_lookup(tabela, "RL\_TERREO", Número\_ref, Número\_ref) = 3.33 m, 3 \* (h / 10), size\_lookup(tabela, "RL\_TERREO", Número\_ref, Número\_ref))), if(A = 3, if(size\_lookup(tabela, "RFU\_TERREO", Número\_ref, Número\_ref) = 4.44 m, 4 \* (h / 10), if(size\_lookup(tabela, "RFU\_TERREO", Número\_ref, Número\_ref) = 3.33 m, 3 \* (h / 10), size\_lookup(tabela, "RFU\_TERREO", Número\_ref, Número\_ref))), 0 m)))

if(A = 1, size\_lookup(tabela, "RFO", Número\_ref, Número\_ref), if(A = 2, if(size\_lookup(tabela, "RL\_PAV01", Número\_ref, Número\_ref) = 4.44 m, 4 \* (h / 10), if(size\_lookup(tabela, "RL\_PAV01", Número\_ref, Número\_ref) = 3.33 m, 3 \* (h / 10), size\_lookup(tabela, "RL\_PAV01", Número\_ref, Número\_ref))), if(A = 3, if(size\_lookup(tabela, "RFU\_PAV01", Número\_ref, Número\_ref) = 4.44 m, 4 \* (h / 10), if(size\_lookup(tabela, "RFU\_PAV01", Número\_ref, Número\_ref) = 3.33 m, 3 \* (h / 10), size\_lookup(tabela, "RFU\_PAV01", Número\_ref, Número\_ref))), 0 m)))

if(A = 1, size\_lookup(tabela, "RFO", Número\_ref, Número\_ref), if(A = 2, if(size\_lookup(tabela, "RL\_PAV02", Número\_ref, Número\_ref) = 4.44 m, 4 \* (h / 10), if(size\_lookup(tabela, "RL\_PAV02", Número\_ref, Número\_ref) = 3.33 m, 3 \* (h / 10), size\_lookup(tabela, "RL\_PAV02", Número\_ref, Número\_ref))), if(A = 3, if(size\_lookup(tabela, "RFU\_PAV02", Número\_ref, Número\_ref) = 4.44 m, 4 \* (h / 10), if(size\_lookup(tabela, "RFU\_PAV02", Número\_ref, Número\_ref) = 3.33 m, 3 \* (h / 10), size\_lookup(tabela, "RFU\_PAV02", Número\_ref, Número\_ref))), 0 m)))

if(A = 1, size\_lookup(tabela, "RFO", Número\_ref, Número\_ref), if(A = 2, if(size\_lookup(tabela, "RL\_PAV03", Número\_ref, Número\_ref) = 4.44 m, 4 \* (h / 10), if(size\_lookup(tabela, "RL\_PAV03", Número\_ref, Número\_ref) = 3.33 m, 3 \* (h / 10), size\_lookup(tabela, "RL\_PAV03", Número\_ref, Número\_ref))), if(A = 3, if(size\_lookup(tabela, "RFU\_PAV03", Número\_ref, Número\_ref) = 4.44 m, 4 \* (h / 10), if(size\_lookup(tabela, "RFU\_PAV03", Número\_ref, Número\_ref) = 3.33 m, 3 \* (h / 10), size\_lookup(tabela, "RFU\_PAV03", Número\_ref, Número\_ref))), 0 m)))

```

if(A = 1, size_lookup(tabela, "RFO", Número_ref, Número_ref), if(A = 2,
if(size_lookup(tabela, "RL_DEMAIS", Número_ref, Número_ref) = 4.44 m, 4 * (h / 10),
if(size_lookup(tabela, "RL_DEMAIS", Número_ref, Número_ref) = 3.33 m, 3 * (h / 10),
size_lookup(tabela, "RL_DEMAIS", Número_ref, Número_ref))), if(A = 3,
if(size_lookup(tabela, "RFU_DEMAIS", Número_ref, Número_ref) = 4.44 m, 4 * (h / 10),
if(size_lookup(tabela, "RFU_DEMAIS", Número_ref, Número_ref) = 3.33 m, 3 * (h / 10),
size_lookup(tabela, "RFU_DEMAIS", Número_ref, Número_ref))), 0 m)))

```

## APÊNDICE E - FORMULÁRIO ENVIADO AOS PARTICIPANTES

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

Vídeo demonstrativo  
<https://goo.gl/6NKBhW>

O protótipo está no website abaixo  
<http://107.170.105.4/>

### 5. Gostaria de ser convidado pelo laboratório para participar de pesquisas futuras? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim  
☐ Não

*Pare de preencher este formulário.*

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado(a) estudante,

Você está sendo convidado (a) a participar de uma etapa integrante da pesquisa de mestrado acadêmico intitulada "Protótipo para consultas paramétricas aos índices urbanísticos da cidade de João Pessoa com suporte nas tecnologias Building Information Modeling - BIM e Geographic Information System – GIS", que está sendo realizada pelo pesquisador Antonio Gonçalves de Farias Júnior, aluno do Programa de Pós-graduação em Arquitetura Urbanismo da UFPB, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Alejandro Nome.

O objetivo do estudo é a avaliação do desempenho do protótipo durante o desenvolvimento de um estudo de viabilidade de um projeto de arquitetura. Tem-se como possíveis benefícios do estudo, a contribuição com a realização de automações no processo de produção do projeto de arquitetura que possam ser capazes de gerar maior produtividade para os profissionais que atuam nessa área.

Solicitamos a sua colaboração, como participante voluntário, por meio de uma tarefa que será realizada através desse formulário online a qual permitirá a análise do protótipo-piloto desenvolvido na pesquisa. Solicitamos também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo na dissertação do mestrado acadêmico, em eventos de áreas correlatas e publicações científicas. Os dados obtidos pelo questionário serão utilizados exclusivamente no âmbito acadêmico.

Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome ou informações pessoais serão mantidos em total sigilo. Informamos que essa pesquisa não oferece riscos para a sua saúde e não acarretará riscos ou representará qualquer influência no seu desempenho/atividades acadêmicas vinculadas à disciplina da graduação em andamento. Para minimizar qualquer risco a você como participante, caso opte por não fornecer qualquer informação pessoal, os dados pessoais podem ser omitidos no questionário, preservando seu anonimato. Ainda, se considerar que o tempo necessário para a realização da tarefa implicar em qualquer prejuízo às suas atividades acadêmicas, ou se decidir não dar prosseguimento à participação no estudo, você poderá declinar da participação a qualquer momento, não implicando em nenhum dano.

Dado que sua participação no estudo é voluntária, você não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo pesquisador. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Caso necessite de informações adicionais sobre o presente estudo, entrar em contato com:

Antonio Gonçalves de Farias Júnior  
 fone: (83) 98815-5741  
 e-mail: [farias.antonio@gmail.com](mailto:farias.antonio@gmail.com)

Carlos Alejandro Nome  
 fone: (83) 99816-8912  
 e-mail: [carlos.nome@gmail.com](mailto:carlos.nome@gmail.com)

Comitê de Ética em Pesquisa  
 Hospital Universitário Lauro Wanderley- HULW- 2º andar - Campus I-UFPB  
 Bairro: Cidade Universitária - João Pessoa/PB  
 Cep: 58059-900

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

Fone: (83) 3216-7964

e-mail: [comite.etica@hulw.ufpb.br](mailto:comite.etica@hulw.ufpb.br)

**6. Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento. \***

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Sim

☐ Não

*Ir para a pergunta 6.*

## Requisitos Mínimos

**7. Para participar da pesquisa será necessário que você tenha a sua disposição: 01 (um) computador pessoal com a instalação do REVIT 2017 ou 2018 e acesso a internet. Você possui esses 2(dois) requisitos? \***

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Sim *Ir para "Início do Experimento".*

☐ Não *Ir para a pergunta 7.*

## Informe:

Ola,

Agradecemos seu interesse em participar da pesquisa, mas informamos que sem a instalação do REVIT ou acesso a internet não teremos condições de analisar os dados gerados por você.

Caso, deseje instalar o REVIT 2017 ou 2018, acesse o link abaixo para adquirir a versão estudante.

<https://www.autodesk.com/education/free-software/revit>

**8. Deseja instalar o REVIT 2017 ou 2018? \***

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Sim *Ir para a pergunta 6.*

☐ Não *Ir para a pergunta 4.*

## Início do Experimento

Pronto!!

1. Siga os passos atentamente das tarefas que serão descritas logo adiante. Elas serão divididas em 2 etapas:

- Consulta manual - através de um método pessoal.
- Consulta paramétrica - através do protótipo da pesquisa

2. É importante para a pesquisa que você comece e termine cada tarefa sem que a mesma seja interrompida durante seu desenvolvimento por outra atividade do seu cotidiano, pois será verificado o tempo envolvido na tarefa proposta.

3. As pausas que achar necessário poderão acontecer entre essas tarefas sem prejuízo nos resultados.

4. A estimativa de tempo total é de 40 minutos.

Vamos em frente!

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

*Ir para a pergunta 8.***Etapa 1 - Consulta Manual**

Vamos começar.

Para realizar a tarefa proposta você precisará dos 5 arquivos abaixo:

1. Código de urbanismo da cidade de João Pessoa
2. Mapa de macrozoneamento urbano
3. Mapa de Zoneamento urbano
4. Terreno 01
5. Terreno 02

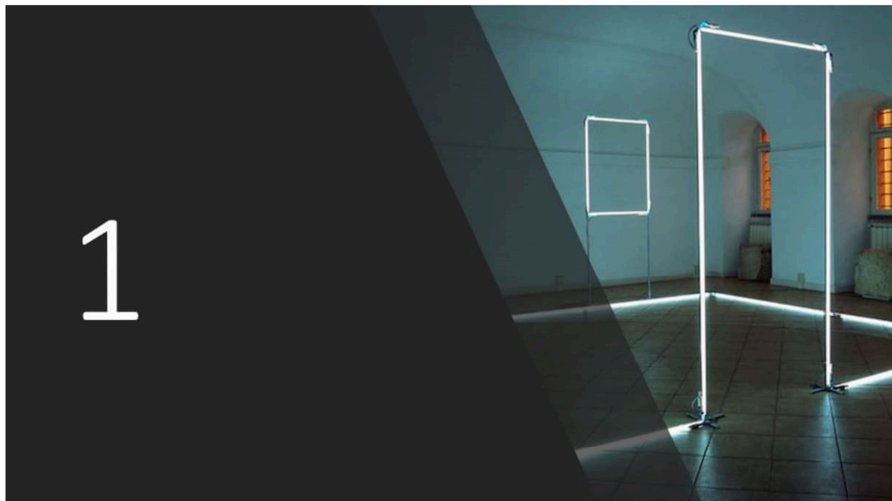
Para ter acesso a todos eles clique no link abaixo:

<https://goo.gl/LzbshM>**9. Você baixou os 5 (cinco) arquivos disponíveis nessa seção? \****Marcar apenas uma oval.*

- ☐ sim *Ir para a pergunta 10.*
- ☐ não

**Atenção!****10. Para que você esteja apto a participar da pesquisa precisamos que você tenha em mão os arquivos disponibilizados. Deseja retornar a seção anterior? \****Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim *Ir para a pergunta 8.*

**Terreno 01****11. Iremos mensurar o tempo investido nas atividades. Informe a hora que está começando. \***

Lembre-se, é importante que você comece e termine CADA TAREFA sem interrupção de outras atividades do seu cotidiano.

*Exemplo: 08h30***Terreno 01 - Localização**<https://docs.google.com/forms/d/1VwjL3RqGEyeAGsWJOqB9tNHg5L4i2WTPKMbI4bErGIs/edit>

4/14



16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

**Tarefa: Consultar o código de urbanismo para construir um edifício de uso residencial com 4 pavimentos que está no endereço: Av. Maria Rosa, 284, Manaíra, João Pessoa.**

---

12. Em qual zona urbana em que se encontra esse terreno? \*

---

13. É possível construir um edifício residencial com 4 pavimentos nessa zona urbana? \*

*Marcar apenas uma oval.*

☐

Sim

☐

Não

14. Informe a hora que está terminando \*

---

*Exemplo: 08h30*

**Terreno 01 - Utilizando os parâmetros da zona urbana**

Use nessa etapa o arquivo "Terreno 01"

15. Informe a hora que está começando. \*

---

*Exemplo: 08h30*

16. Qual a área do Terreno 01? \*

O arquivo DWG desse terreno 01 já foi disponibilizado alguns passos atrás.

---

17. Utilizando os parâmetros descritos na tabela de zoneamento existente no código de urbanismo, qual a estimativa para área máxima edificável no pavimento térreo para um edifício residencial com 4 pavimentos no terreno 01? \*

---

18. Qual a área máxima edificável para esse mesmo edifício residencial de 4 pavimentos? \*

---

19. Informe a hora que está terminando. \*

---

*Exemplo: 08h30*

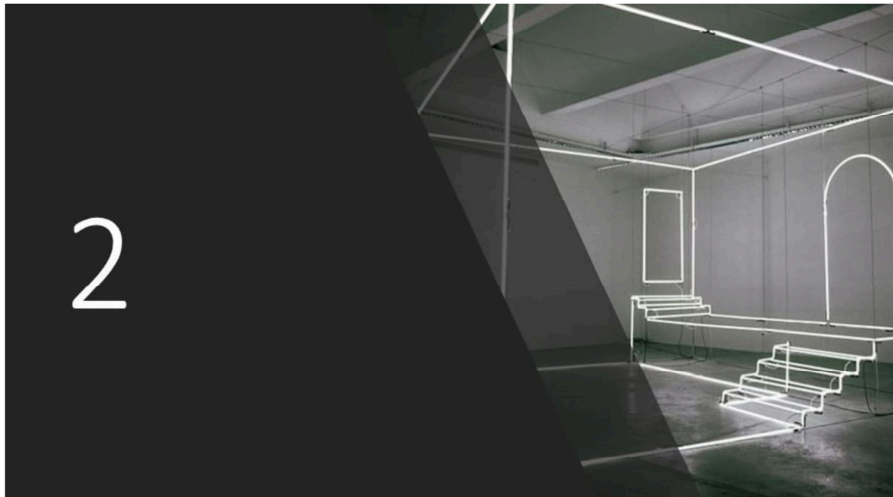
*Ir para a pergunta 19.*

**Terreno 02**

Use aqui o arquivo "Terreno 02"

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos



20. Informe a hora que está começando. \*

*Exemplo: 08h30*

## Terreno 02 - localização

**Tarefa: Consultar o código de urbanismo para construir um edifício de uso residencial com 3 pavimentos que está no endereço: rua Euzely Fabrício de Souza, 580 - Manaíra.**

21. Em qual zona urbana em que se encontra esse terreno? \*

\_\_\_\_\_

22. É possível construir um edifício residencial com 3 pavimentos nessa zona urbana?

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim  
☐ Não

23. Informe a hora que está terminando \*

*Exemplo: 08h30*

## Terreno 02 - Utilizando os parâmetros da zona urbana

Nesse momento para ter acesso as medidas do terreno 02 será necessário usar o arquivo DWG que foi disponibilizado anteriormente.

24. Informe a hora que está começando. \*

*Exemplo: 08h30*

25. Qual a área do Terreno 02? \*

\_\_\_\_\_

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

26. Utilizando os parâmetros descritos na tabela de zoneamento existente no código de urbanismo, qual a estimativa para área máxima edificável no pavimento térreo para um edifício residencial com 3 pavimentos no terreno 02? \*

27. Qual a área máxima edificável para esse mesmo edifício residencial de 3 pavimentos? \*

28. Informe a hora que está terminando. \*

Exemplo: 08h30

Ir para a pergunta 28.

## Etapa 2 - TREINAMENTO

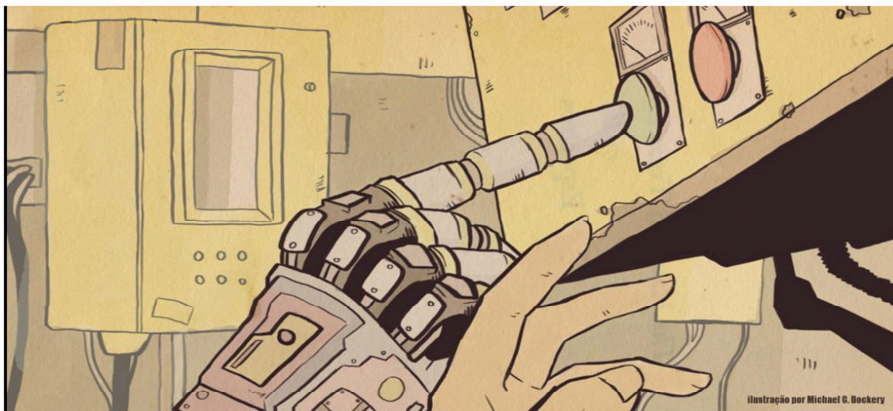
Nessa etapa iremos repetir as mesmas tarefas com outros 2 terrenos (terrenos 03 e 04), só que dessa vez usando o protótipo desenvolvido pela pesquisa.

Para acessar o protótipo você deve entrar no website <http://107.170.105.4/>

1. Tutorial GIS e Tutorial BIM disponível logo abaixo nessa seção.
2. Template BIM disponível dentro na plataforma na seção "Lista de consultas".

Permaneça online, e aguarde as próximas instruções para realizar a consulta paramétrica através do site durante as próximas tarefas.

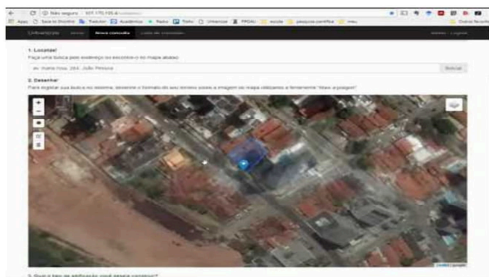
## Consulta Paramétrica



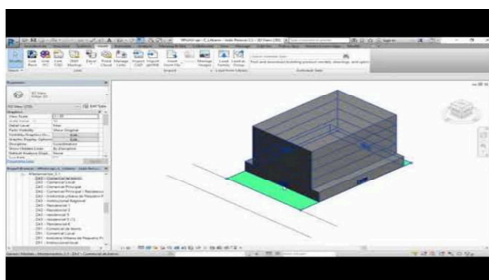
## TUTORIAL - Consulta paramétrica em GIS/web

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos


<http://youtube.com/watch?v=-lAsNQXdWpE>

## TUTORIAL - Consulta paramétrica em BIM (Revit)


<http://youtube.com/watch?v=-PRMDG-xBHE>

29. Você assistiu os 2(dois) tutoriais disponíveis nessa seção ? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim *Ir para a pergunta 30.*
- ☐ Não *Ir para a pergunta 29.*

## Atenção!

30. Para que você esteja apto a participar da pesquisa precisamos que você realize a tarefa solicitada. Deseja retornar a seção anterior? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim *Ir para a pergunta 28.*
- ☐ Não *Ir para a pergunta 4.*

## Etapa 02 - arquivos base

Baixe os arquivos:

- Terreno 03
- Terreno 04

Para ter acesso aos arquivos dos terrenos clique no link abaixo:

<https://goo.gl/QEgn5Q>

31. Você baixou os 2 (dois) arquivos (terreno 03 e 04) disponíveis nessa seção? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ sim *Ir para a pergunta 32.*
- ☐ não *Ir para a pergunta 31.*

## Atenção!

<https://docs.google.com/forms/d/1VwjL3RqGEyeAGsWJOqB9tNHg5L4I2WTPKMbl4bErGIs/edit>

8/14

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

32. Para que você esteja apto a participar da pesquisa precisamos que você tenha em mão os arquivos disponibilizados. Deseja retornar a seção anterior? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim      Ir para a pergunta 30.
- ☐ Não      Ir para a pergunta 4.

Ir para a pergunta 32.

### Terreno 03 - Consulta paramétrica em GIS

Estamos indo bem!

Aqui você deve permanecer conectado no website <http://107.170.105.4/> a fim de realizar a consulta através do Sistemas de Informações Geográficas (GIS) na web.



33. Iremos mensurar o tempo investido nas atividades. Informe a hora que está começando. \*

Lembre-se, é importante que você comece e termine CADA TAREFA sem interrupção de outras atividades do seu cotidiano.

Exemplo: 08h30

### Terreno 03 - Localização

Consulta através do sistema GIS/web

**Através do protótipo que está na web, realizar consulta para construir um edifício de uso comercial com 2 pavimentos que está no endereço: av. General Edson Ramalho, 494, Manaíra.**

IMPORTANTE:

1. COPIE o endereço acima descrito e COLE no item "localize!" do protótipo para que não haja erro na busca pela informação.
2. O protótipo está temporariamente programado para emitir resposta SOMENTE dos endereços descritos na pesquisa.

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

34. **Em qual zona urbana em que se encontra esse terreno? \***

---

35. **É possível construir um edifício comercial com 2 pavimentos nessa zona urbana? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

36. **Informe a hora que está terminando \***

*Exemplo: 08h30*

## Consulta paramétrica em BIM

Aqui você fará uso da tecnologia de Modelagem de Informações do Edifício (BIM) através do template do REVIT que está disponível para baixar o próprio site do protótipo. Para acessá-lo siga os passos abaixo:

Após realizar sua consulta anterior:

- 1.1 Vá em "lista de consultas"
- 1.2 Clique no link do terreno
- 1.3 Assista o tutorial para entender o funcionamento do template.
- 1.4 Baixe o template do REVIT

37. **Você baixou o template? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim *Ir para a pergunta 38.*
- ☐ Não *Ir para a pergunta 37.*

## Atenção!

38. **Para que você esteja apto a participar da pesquisa precisamos que você tenha em mão os arquivos disponibilizados. Deseja retornar a seção anterior? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim *Ir para a pergunta 36.*
- ☐ Não *Ir para a pergunta 4.*

## Terreno 03 - Utilizando os parâmetros da zona urbana

Consulta através do sistema BIM

Faça uso do template do REVIT e do arquivo DWG do terreno para responder as perguntas abaixo

39. **Informe a hora que está começando. \***

*Exemplo: 08h30*

40. **Utilizando o protótipo BIM, qual a área do Terreno 03? \***

Será necessário importar o arquivo DWG do terreno de acordo com o tutorial disponibilizado.

---



16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

41. Qual a estimativa para área máxima edificável no pavimento térreo para um edifício comercial com 2 pavimentos no terreno 03? \*

42. Qual a área máxima edificável para esse mesmo edifício comercial de 2 pavimentos? \*

43. Informe a hora que está terminando. \*

Exemplo: 08h30

Ir para a pergunta 43.

## Terreno 04

Reta final!!

Você deve permanecer conectado no website <http://107.170.105.4/> a fim de realizar a consulta através do Sistemas de Informações Geográficas (GIS) na web.



44. Iremos mensurar o tempo investido nas atividades. Informe a hora que está começando. \*  
Lembre-se, é importante que você comece e termine CADA TAREFA sem interrupção de outras atividades do seu cotidiano.

Exemplo: 08h30

Ir para a pergunta 44.

## Terreno 04 - Localização (GIS)

Consulta através do sistema GIS/web

**Através do protótipo que está na web, realizar consulta para construir um edifício de uso comercial com 5 pavimentos que está no endereço: av. Esperança, 700, Manaíra.**

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

**IMPORTANTE:**

1. COPIE o endereço abaixo descrito e COLE no item "localize!" do protótipo para que não haja erro na busca pela informação.
2. O protótipo está temporariamente programado para emitir resposta SOMENTE dos endereços descritos na pesquisa.

**45. Em qual zona urbana em que se encontra esse terreno? \***

---

**46. É possível construir um edifício comercial com 5 pavimentos nessa zona urbana? \***

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Sim

☐ Não

**47. Informe a hora que está terminando \***

*Exemplo: 08h30*

*Ir para a pergunta 47.*

## **Terreno 04 - Utilizando os parâmetros da zona urbana**

Consulta através do sistema BIM

Faça uso do template do REVIT e do arquivo DWG do terreno para responder as perguntas abaixo

**48. Informe a hora que está começando. \***

*Exemplo: 08h30*

**49. Utilizando o protótipo BIM, qual a área do Terreno 04? \***

Será necessário importar o arquivo DWG do terreno de acordo com o tutorial disponibilizado.

---

**50. Qual a estimativa para área máxima edificável no pavimento térreo para um edifício comercial com 5 pavimentos no terreno 04? \***

---

**51. Qual a área máxima edificável para esse mesmo edifício comercial de 5 pavimentos? \***

---

**52. Informe a hora que está terminando. \***

*Exemplo: 08h30*

*Ir para a pergunta 52.*

## **Perfil do Participante**



16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

Última etapa!

Diante das afirmativas abaixo listadas, escolha a resposta que melhor representar seu posicionamento.

**53. Durante a etapa de CONSULTA MANUAL do experimento como você obteve as informações dos documentos do plano diretor de João Pessoa? \***

Marque mais de uma caixa, se assim julgar necessário.

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ material didático da disciplina de projeto
- ☐ Visita ao site da prefeitura
- ☐ consulta a colegas de turma
- ☐ Material disponibilizado na pesquisa
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**54. Durante a etapa de CONSULTA PARAMÉTRICA do experimento como você obteve as informações dos documentos do plano diretor de João Pessoa? \***

Marque mais de uma caixa, se assim julgar necessário.

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ material didático da disciplina de projeto
- ☐ Visita ao site da prefeitura
- ☐ consulta a colegas de turma
- ☐ Material disponibilizado na pesquisa
- ☐ Através do protótipo de consulta automática da pesquisa
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**55. Antes de iniciar um projeto arquitetônico numa área urbana, você já teve a necessidade de consultar por mais de 01(uma) vez os documentos legislativos ? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ sim
- ☐ não

**56. Você já criou algum tipo de mecanismo para agilizar essa atividade no seu dia-a-dia? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ sim
- ☐ não

**57. Considera ágil o método que utiliza hoje para realização de dessas tarefas? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ sim
- ☐ não

16/06/2018

PPGAU - LM+P - Estudo de Caso - Consulta Paramétrica a índices urbanísticos

**58. Conhece alguma ferramenta que realize a consulta a legislação urbana de forma automática? \****Marcar apenas uma oval.*

☐ **sim**    *Após a última pergunta desta seção, interromper o preenchimento deste formulário.*

☐ **não**    *Após a última pergunta desta seção, interromper o preenchimento deste formulário.*

**59. Quanto ao protótipo da pesquisa, considera que seria útil no processo de produção de um projeto de arquitetura? \****Marcar apenas uma oval.*

☐ **sim**    *Pare de preencher este formulário.*

☐ **não**    *Pare de preencher este formulário.*

Powered by



## ANEXO A - TABELA DE ZONEAMENTO – ZONA RESIDENCIAL – ZR1

| ZONA RESIDENCIAL 1 (ZR1) |                                    |                  |                   |                         |              |          |          |
|--------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------|--------------|----------|----------|
| USOS                     | LOTE (*)                           |                  | EDIFICAÇÃO (A)    |                         |              |          |          |
| PERMITIDOS               | ÁREA<br>MÍNIMA                     | FRENTE<br>MÍNIMA | OCUPAÇ.<br>MÁXIMA | ALTURA<br>MÁXIMA<br>(B) | AFASTAMENTOS |          |          |
|                          |                                    |                  |                   |                         | FRENTE       | LATERAL  | FUNDOS   |
| R1                       | 360,00                             | 12,00            | 50                | -                       | 5,00         | 1,50     | 3,00     |
| R2 (1)                   | 450,00                             | 15,00            | 50                | 2 PV                    | 5,00         | 1,50     | 3,00     |
| R3                       | -                                  | -                | 50                | 2 PV                    | 5,00         | 1,50     | 3,00     |
| R4                       | CONDOMÍNIO HORIZONTAL VER ANEXO 09 |                  |                   |                         |              |          |          |
| R5 (2)                   | 600,00                             | 15,00            | 40                | PL+<br>4PV+CB           | 5,00         | 4,00     | 4,00     |
| R5                       | 600,00                             | 15,00            | 35                | 4 PV                    | 5,00         | 4,00     | 4,00     |
| R6                       | 900,00                             | 20,00            | 30                | -                       | 5,00         | 4+(h/10) | 4+(h/10) |
| R8 (3)                   | 360,00                             | 12,00            | 55                | PL+ 2PV<br>ou 3 PV      | 5,00         | 1,50     | 3,00     |
| CL=SL(4)                 | 360,00                             | 12,00            | 50                | 3 PV                    | 5,00         | 1,50     | 3,00     |
| CB=SB                    | 450,00                             | 15,00            | 50                | 3 PV                    | 5,00         | 2,00     | 3,00     |
| IL                       | 600,00                             | 15,00            | 50                | 2 PV                    | 5,00         | 1,50     | 3,00     |
| IPP (5)                  | 360,00                             | 12,00            | 50                | 2 PV                    | 5,00         | 1,50     | 3,00     |

1) OS ABRIGOS PARA AUTOMÓVEIS, UM PARA CADA UNIDADE, PODERÃO TER RECUO LATERAL = 0,0m.

(2) PODE SER UTILIZADO O SUBSOLO OU SEMI-SUBSOLO (RECUO FRONTAL =2,00M); PODE SER UTILIZADO MEZANINO PARA LAZER COM NO MÁXIMO 30% DA ÁREA FECHADA; EM AMBOS OS CASOS AS ÁREAS NÃO VÃO INCIDIR NO CÁLCULO DO ÍNDICE DE APROVEITAMENTO; PODE OCUPAR O PILOTIS COM CL E SL DESDE QUE ATENDIDOS O NÚMERO DE VAGAS PARA AUTOS.

(3) APENAS NA PRAIA DO BESSA

(4) AS EXIGÊNCIAS SÃO AS MESMAS PARA O USO R1, EM VIRTUDE DESSSES USOS OCORREREM SIMULTANEAMENTE.

(5) MICROEMPRESA CLASSIFICADA COMO NÃO POLUENTE EM TODOS OS NÍVEIS.

(A) VER MACROZONEAMENTO QUE ESTABELECE O ÍNDICE DE APROVEITAMENTO MÁXIMO POR ZONA, ARTIGOS 8, 9, 10, 11, 12 E 13 DO PLANO DIRETOR DA CIDADE.

(B) NA ORLA MARÍTIMA VER ARTIGO 25 DO PLANO DIRETOR DA CIDADE.

(\*) LOTES APROVADOS ANTES DA LEI Nº 2.102/75 COM DIMENSÕES INFERIORES ÀS EXIGIDAS PARA A ZONA, SERÃO CONSIDERADOS PRÓPRIOS PARA CONSTRUÇÕES DESTINADAS AOS USOS R1, CL E SL.

CLASSIFICAÇÃO DOS USOS: CL/SL ATÉ 450,00 m<sup>2</sup>  
CB/SB ATÉ 1.300,00 m<sup>2</sup>  
CP/SP ACIMA DE 1300,00m<sup>2</sup>

**LEGENDA:** SS=SUBSOLO OU SEMI-SUBSOLO; TE=TÉRREO; PL=PILOTIS; MZ=MEZANINO; PV=PAVIMENTO TIPO; CB=COBERTURA; DE=DEMAIS PAVIMENTO.

Tabela 28: Tabela de

Fonte: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/leis-importantes/>

Zoneamento – Zona residencial – ZR1

## ANEXO B - TABELA DE ZONEAMENTO – ZONA AXIAL TAMBAÚ

Tabela 29: Tabela de Zoneamento – Zona Axial Tambau

| ZONA AXIAL TAMBAÚ (ZA3) |                |                  |                       |                    |              |                                         |                           |
|-------------------------|----------------|------------------|-----------------------|--------------------|--------------|-----------------------------------------|---------------------------|
| USOS                    | LOTE (*)       |                  | EDIFICAÇÃO (A)        |                    |              |                                         |                           |
| PERMITIDOS              | ÁREA<br>MÍNIMA | FRENTE<br>MÍNIMA | OCUPAÇ.<br>MÁXIMA     | ALTURA<br>MÁXIMA   | AFASTAMENTOS |                                         |                           |
|                         |                |                  |                       |                    | FRENTE       | LATERAL                                 | FUNDOS                    |
| R1                      | 360,00         | 12.00            | 50                    | -                  | 5.00         | 1.50                                    | 2.00                      |
| R2                      | 450,00         | 15.00            | 50                    | 2 PV               | 5.00         | 1.50                                    | 3.00                      |
| R5                      | 600,00         | 20.00            | 30                    | 4 PV               | 5.00         | 4.00                                    | 4.00                      |
| R5 (1)                  | 600,00         | 20.00            | 40                    | PL+<br>4PV+CB      | 5.00         | 4.00                                    | 4.00                      |
| R6                      | 600,00         | 30.00            | 30                    | -                  | 5.00         | 4+(h/10)                                | 4+(h/10)                  |
| CL=SL                   | 360,00         | 12.00            | 50                    | 3 PV               | 5.00         | 1.50                                    | 2.00                      |
| CB=SB                   | 360,00         | 12.00            | 70                    | PL+ 2PV<br>ou 3 PV | 5.00         | TE =0.0<br>DE =2.00                     | 2.00                      |
| CP=SP                   | 600,00         | 20.00            | TE+2<br>=70 DE<br>=40 | -                  | 5.00         | TE =0.0<br>ATÉ 2°= 2.00<br>DE =3+(h/10) | ATÉ 3°=2.0<br>DE=3+(h/10) |
| CP, SP/R6<br>(2)        | 600,00         | 20.00            | TE+2<br>=70 DE<br>=40 | -                  | 5.00         | TE =0.0<br>ATÉ 2°= 2.00<br>DE =3+(h/10) | ATÉ 3°=2.0<br>DE=3+(h/10) |
| IR                      | 600,00         | 20.00            | 50                    | -                  | 5.00         | 2.00                                    | 3.00                      |
| IPP (3)                 | 360,00         | 12.00            | 50                    | -                  | 5.00         | 1.50                                    | 3.00                      |

(1) PODE SER UTILIZADO O SUBSOLO OU SEMI-SUBSOLO (RECUO FRONTAL =2,0M); PODE SER UTILIZADO MEZANINO PARA LAZER COM NO MÁXIMO 30% DA ÁREA FECHADA; EM AMBOS OS CASOS AS ÁREAS NÃO VÃO INCIDIR NO CÁLCULO DO ÍNDICE DE APROVEITAMENTO; PODE OCUPAR O PILOTIS COM CL E SL DESDE QUE ATENDIDOS O NÚMERO DE VAGAS PARA AUTOS

(2). SERÁ OBRIGATÓRIO O ANDAR VAZADO ( OU PILOTIS GARAGEM ) SOBRE O USO COMERCIAL COMO FORMA DE ISOLAMENTO DA ATIVIDADE COMERCIAL E/OU SERVIÇO DO USO RESIDENCIAL.

(3). MICROEMPRESA CLASSIFICADA COMO NÃO POLUENTE EM TODOS OS NÍVEIS

(A) VER MACROZONEAMENTO QUE ESTABELECE O ÍNDICE DE APROVEITAMENTO MÁXIMO POR ZONA, ARTIGOS 8, 9, 10, 11, 12 E 13 DO PLANO DIRETOR DA CIDADE.

(\*) LOTES APROVADOS ANTES DA LEI Nº 2.102/75 COM DIMENSÕES INFERIORES ÀS EXIGIDAS PARA A ZONA, SERÃO CONSIDERADOS PRÓPRIOS PARA CONSTRUÇÕES DESTINADAS AOS USOS R1, CL E SL.

LEGENDA: SS=SUBSOLO OU SEMI-SUBSOLO; TE=TÉRREO; PL=PILOTIS; MZ=MEZANINO; PV=PAVIMENTO TIPO; CB=COBERTURA; DE=DEMAIS PAVIMENTOS

Fonte: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/leis-importantes/>

## ANEXO C - TABELA DE ZONEAMENTO – ZONA TURÍSTICA 2

Tabela 30: Tabela de Zoneamento – Zona Turística 2

| ZONA TURÍSTICA 2 (ZT2) |                                    |               |                                  |                   |              |                                       |                             |
|------------------------|------------------------------------|---------------|----------------------------------|-------------------|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| USOS                   | LOTE (*)                           |               | EDIFICAÇÃO (A)                   |                   |              |                                       |                             |
| PERMITIDOS             | ÁREA MÍNIMA                        | FRENTE MÍNIMA | OCUPAÇ. MÁXIMA                   | ALTURA MÁXIMA (B) | AFASTAMENTOS |                                       |                             |
|                        |                                    |               |                                  |                   | FRENTE       | LATERAL                               | FUNDOS                      |
| R1                     | 360,00                             | 12,00         | 50                               | 3 PV              | 5,00         | 1,50                                  | 3,00                        |
| R2                     | 360,00                             | 12,00         | 50                               | 2 PV              | 5,00         | 1,50                                  | 3,00                        |
| R3 (1)                 | 450,00                             | 15,00         | 50                               | 2 PV              | 5,00         | 1,50                                  | 3,00                        |
| R4                     | CONDOMÍNIO HORIZONTAL VER ANEXO 09 |               |                                  |                   |              |                                       |                             |
| R5 (2)                 | 600,00                             | 15,00         | 40                               | PL+ 4PV+CB        | 5,00         | 4,00                                  | 4,00                        |
| R6                     | 900,00                             | 30,00         | 30                               | -                 | 5,00         | 4+(h/10)                              | 4+(h/10)                    |
| CL=SL                  | 360,00                             | 12,00         | 50                               | 2 PV              | 5,00         | 1,50                                  | 3,00                        |
| CB=SB (3)              | 450,00                             | 15,00         | 50                               | 3 PV              | 5,00         | 2,00                                  | 3,00                        |
| SB (FLAT) (***)        | 360,00                             | 12,00         | TE=70<br>DE=50                   | 4 PV (**)         | 5,00         | TE=00<br>DE=2,00                      | 3,00                        |
| CP=SP (3)              | 600,00                             | 20,00         | TE= 70<br>1º AO 3º =50<br>DE= 30 | -                 | 5,00         | TE=00<br>1º AO 3º= 2,0<br>DE=4+(H/10) | ATÉ 4PV=3,0<br>DE= 4+(H/10) |
| SP (FLAT) (***)        | 600,00                             | 15,00         | TE=70<br>1º AO 3º=50<br>DE=30    | ≥5 PV             | 5,00         | TE=00<br>1º AO 3º=2,00<br>DE=4+(H/10) | ATÉ 4º=3,0<br>DE= 4+(H/10)  |
| IB (3)                 | 600,00                             | 20,00         | 50                               | 2 PV              | 5,00         | 4,00                                  | 4,00                        |
| IPP (4)                | 360,00                             | 12,00         | 50                               | 2 PV              | 5,00         | 1,50                                  | 3,00                        |

(1). OS ABRIGOS PARA AUTOMÓVEIS (UM PARA CADA UNIDADE) PODERÃO TER RECUO LATERAL=0  
 (2) PODE SER UTILIZADO O SUBSOLO OU SEMI-SUBSOLO (RECUO FRONTAL =2,0M); PODE SER UTILIZADO MEZANINO PARA LAZER COM NO MÁXIMO 30% DA ÁREA FECHADA; EM AMBOS OS CASOS AS ÁREAS NÃO VÃO INCIDIR NO CÁLCULO DO ÍNDICE DE APROVEITAMENTO; PODE OCUPAR O PILOTIS COM CL E SL DESDE QUE ATENDIDOS O NÚMERO DE VAGAS PARA AUTOS.

(3) HOTÉIS PODERÃO TER TÉRREO COM RECUO LATERAL=0,0 DE DEMAIS=2,0  
 ESTACIONAMENTO = 25% DO NÚMERO DE APARTAMENTOS

(4) MICROEMPRESA CLASSIFICADA COMO NÃO POLUENTE EM TODOS OS NÍVEIS.

(A) VER MACROZONEAMENTO, QUE ESTABELECE O ÍNDICE DE APROVEITAMENTO MÁXIMO POR ZONA, ARTIGOS 8, 9, 10, 11, 12, E 13 DO PLANO DIRETOR DA CIDADE.

(B) VER ARTIGO 25 DO PLANO DIRETOR DA CIDADE QUE ESTABELECE A ALTURA MÁXIMA DAS EDIFICAÇÕES

(\*) LOTES APROVADOS ANTES DA LEI Nº 2.102/75 COM DIMENSÕES INFERIORES ÀS EXIGIDAS PARA A ZONA, SERÃO CONSIDERADOS PRÓPRIOS PARA CONSTRUÇÕES DESTINADAS AOS USOS R1, CL E SL.

(\*\*) PILOTIS + 03 PAVIMENTOS OU TÉRREO + 03 PAVIMENTOS

(\*\*\*) AS VAGAS DE ESTACIONAMENTO DEVEM DISPOR DE 50% DO NÚMERO DE APARTAMENTOS

LEGENDA: SS=SUBSOLO OU SEMI-SUBSOLO; TE=TÉRREO; PL=PILOTIS; MZ=MEZANINO; PV=PAVIMENTO TIPO; CB=COBERTURA; DE=DEMAIS PAVIMENTOS.

Fonte: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/leis-importantes/>



