

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E DE COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO

BERNARDO MENDONÇA SEVERIANO

**APRENDIZADO DE MÁQUINA E SUA UTILIZAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE
PROJETO DE INFRAESTRUTURA BÁSICA PARA HABITACIONAIS DE
INTERESSE SOCIAL**

RECIFE

2019

BERNARDO MENDONÇA SEVERIANO

**APRENDIZADO DE MÁQUINA E SUA UTILIZAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE
PROJETO DE INFRAESTRUTURA BÁSICA PARA CONJUNTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Urbano.

Área de concentração: Desenvolvimento Urbano

Orientadora: Profa. Dra. Letícia Teixeira Mendes

RECIFE

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Jéssica Pereira de Oliveira, CRB-4/2223

- S498a Severiano, Bernardo Mendonça
Aprendizado de máquina e sua utilização no desenvolvimento de projeto de infraestrutura básica para conjuntos habitacionais de interesse social / Bernardo Mendonça Severiano. – Recife, 2019.
154f.: il.
- Orientadora: Letícia Teixeira Mendes.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, 2019.
- Inclui referências e apêndices.
1. Habitação de interesse social. 2. Aprendizado de máquina.
3. Inteligência artificial. I. Mendes, Letícia Teixeira (Orientadora). II. Título.
- 711.4 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2020-161)

BERNARDO MENDONÇA SEVERIANO

**APRENDIZADO DE MÁQUINA E SUA UTILIZAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE
PROJETO DE INFRAESTRUTURA BÁSICA PARA HABITACIONAIS DE
INTERESSE SOCIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Urbano.

Aprovada em: 05/09/2019

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Letícia Teixeira Mendes (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Max Lira Veras Xavier Andrade (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Maria Gabriela Caffarena Celani (Examinadora Externa)
Universidade Estadual de Campinas

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que direta e indiretamente foram parte desse processo de aprendizado e documentação.

Agradeço àqueles que dedicaram suas vidas à ciência e que me permitiram contribuir para o conhecimento coletivo.

“Se eu vi mais longe foi por estar sobre os ombros de gigantes.” (NEWTON, 1676)

RESUMO

O processo de construção de habitacionais de baixo custo sob o panorama da habitação de interesse social repete padrões datados que são frutos de uma mentalidade de produção em massa. O processo produtivo é diretamente ligado ao modelo de acumulação, e ultimamente esse processo se reflete no espaço construído. Sendo assim, a evolução dos habitacionais de interesse social no Brasil é fruto de um modelo que entrelaça um alto déficit habitacional com recursos provenientes de uma governança centralizada e interesse privado motivado por uma recessão na indústria construtiva. Neste contexto, este trabalho tem por finalidade explorar a utilização de modelos de aprendizado de máquina no processo de tomada de decisão no desenvolvimento de projetos de habitação de interesse social no Brasil. Fundamentalmente, espera-se a utilização de um processo baseado em dados que permita que o desenvolvimento de implantação para conjuntos de HIS seja eficiente e de baixo custo, podendo assim ser realizado dentro dos recursos atualmente disponíveis. A utilização de tal estrutura de projeto visa à remover a sobrecarga de tomada de decisões projetuais na definição de redes de infraestrutura básica. O presente trabalho explora as raízes da produção em massa e seu efeito na produção de habitações, como também os incentivos financeiros e políticos que influenciam o processo de tomada de decisões de empresas privadas responsáveis pelo desenvolvimento de infraestrutura básica e construção das unidades habitacionais. Por fim, o trabalho analisa a influência que modelos de aprendizado de máquina podem ter nesse processo e os resultados dessa adoção.

Palavras-chave: Habitação de interesse social. Aprendizado de máquina. Inteligência artificial.

ABSTRACT

The process of building low-cost housing under the social housing scenario repeats dated standards that are the fruits of a mass-production mindset. The production process is directly linked to the capital accumulation model, and this process is reflected in the built space. Therefore, the evolution of housing of social interest in Brazil is the result of a model that interweaves a high housing deficit with resources coming from centralized governance and a private interest motivated by a recession in the construction industry. In this context, this work aims to explore the use of machine learning models in the decision making process that influences the development of housing projects of social interest in Brazil. Fundamentally, it is expected to use a data-driven process that allows the development of a framework for HIS development to be efficient and inexpensive, so it can be accomplished within the currently available resources and deliver a built environment that meets the needs of a local population. The research explores the roots of mass production and its effect on housing production, as well as the financial and political incentives that influence the decision-making process of private companies responsible for the development of basic infrastructure and construction of housing units. Finally, the research analyzes the influence that models of machine learning can have in this process and the results of its adoption.

Keywords: Social Housing. Machine Learning. Artificial Intelligence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Foto de satélite de um habitacional padrão do MCMV no agreste de Pernambuco	19
Figura 2 - O modutor de Le Corbusier	25
Figura 3 – Ilustração de Henry Roberts do edifício habitacional conhecido como Bagnigge Wells	27
Figura 4 – Taxas de natalidade nos EUA entre 1909 e 2009. O trecho em Vermelho representa a geração nascida no baby boom	28
Figura 5 – Time de produção durante o processo de montagem de uma casa padrão em Levttown	31
Figura 6 – Vista aérea de Levottown	32
Figura 7 – Catálogo de SEARS	33
Figura 8 – Representação das quatro abordagens da customização, levando em Consideração mudanças no produto e na representação	36
Figura 9 – Volume de troca de ações do Dow Jones (Mercado de ações Norte Americano) por ano	38
Figura 10 – Número de arranha-céus construídos no ano	39
Figura 11 – Concentração e utilização de terra na União Europeia	42
Figura 12 – Habitacional do MCMV faixa 1 em construção próximo ao perímetro urbano de Caruaru/PE.....	47
Figura 13 - Habitacional do MCMV faixa 1 em construção próximo ao perímetro urbano de Santa Cruz do Capibaribe/PE	48
Figura 14 – Vila Kennedy em São Paulo, década de 1960	53
Figura 15 – Confusion matriz com 2 características	58
Figura 16 – Confusion matriz com 3 características	59
Figura 17 – Participação espacial num plano bidimensional utilizando uma árvore k-dimensional	62
Figura 18 – Demonstração de customização de habitações em massa por Jose Duarte	63
Figura 19 – Exemplo de trajeto de menor distância entre dois pontos proveniente de um algoritmo A*	65
Figura 20 - Modificação de projeto para utilização de caminho mínimo baseado na resolução do problema do caixeiro viajante	67

Figura 21 - Simulação de um algoritmo que testa todas as possibilidades dentro de um conjunto de caminhos possíveis e determina a menor distancia entre um número N de pontos	68
Figura 22 - Diagrama do processo de treino, validação e teste do treinamento de máquina.....	69
Figura 23 - Concepção gráfica de uma Rede Neural Artificial com uma camada de entrada, duas camadas ocultas e um valor de saída	71
Figura 24 - Esquematização simples de inputs e outputs numa rede neural	72
Figura 25 - Representação gráfica da função Sigmoid	72
Figura 26 - Passo a passo de funcionamento dos perceptrons	72
Figura 27 - Descrição gráfica do problema do caminho mínimo. Observa-se que cada "linha" contém um peso específico.....	76
Figura 28 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 15 x 15. Iteração 1	78
Figura 29 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 15 x 15. Iteração 2.....	78
Figura 30 - 40% de geração de obstáculos randômicos. Grid 15 x 15. Iteração 1	79
Figura 31 - 40% de geração de obstáculos randômicos. Grid 15 x 15. Iteração 2	79
Figura 32 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 50 x 50. Iteração 1.....	80
Figura 33 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 50 x 50. Iteração 2	81
Figura 34 - 40% de geração de obstáculos randômicos. Grid 50 x 50. Iteração 1	82
Figura 35 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 50 x 50. Iteração 2	83
Figura 36 - Simulação de um algoritmo que testa todas as possibilidades dentro de um conjunto de 6 pontos e retorna o menor caminho. Iteração 1....	85
Figura 37 - Simulação de um algoritmo que testa todas as possibilidades dentro de um conjunto de 6 pontos e retorna o menor caminho. Iteração 1....	86

Figura 38 - Representação gráfica a aplicação de um algoritmo para a solução do <i>problema do caixeiro viajante</i> incluindo habitacionais de interesse social	87
Figura 39 - Exemplo de mapeamento de área viária no entorno de área para desenvolvimento de habitação de interesse social	90
Figura 40 - Terreno para desenvolvimento urbano em Nairobi, Kenya.....	91
Figura 41 - Terreno apresentado anteriormente, com sobreposição de informações paramétricas	91
Figura 42 - Exemplo de relatório de custos que pode ser gerado baseado em um modelo paramétrico.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Habitações unifamiliares no mercado imobiliário americano	30
Tabela 2 -Valores de terrenos que possuem habitacionais de interesse social no agreste de Pernambuco.....	44
Tabela 3 - Terrenos que atualmente possuem habitacionais de interesse social no agreste de Pernambuco	46
Tabela 4 - Variação de quantidade de material orçado e material gasto com ênfase em desperdícios anormais.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	CARACTERIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA-HIPÓTESE.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA PARA O TEMA.....	16
1.3	OBJETIVOS	20
1.3.1	Objetivo Geral.....	20
1.3.2	Objetivos Específicos.....	20
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	20
1.5	METODOLOGIA.....	21
2	A PRODUÇÃO EM MASSA E A FRAGMENTAÇÃO URBANA.....	23
2.1	PRODUÇÃO EM MASSA: CONTEXTO E DEFINIÇÕES.....	23
2.2	A MÉDIA E O HOMEM MÉDIO.....	25
2.3	LINHA DE PRODUÇÃO, SUBÚRBIO E ESPRAIAMENTO.....	26
2.4	NO EXTREMO DO EXPECTRO.....	32
2.5	O CONSUMO DA PRODUÇÃO EM MASSA (<i>MASS PRODUCED</i>).....	33
2.6	DA PRODUÇÃO EM MASSA À CUSTOMIZAÇÃO.....	34
3	DO REGIME DE ACUMULAÇÃO AO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL.....	37
3.1	A PRODUÇÃO DO ESPAÇO ATRAVÉS DA FINANCEIRIZAÇÃO DO MERCADO IMOBILIÁRIO.....	37
3.2	OS REGIMES DE ACUMULAÇÃO E O INCENTIVO À PRODUÇÃO DO ESPAÇO	38
3.3	DA ACUMULAÇÃO POR RENDA À ACUMULAÇÃO POR JUROS: DO RURAL AO URBANO	41
3.4	O REGIME E A FRAGMENTAÇÃO - DO RURAL AO HABITACIONAL.....	44
3.5	ANÁLISE DAS DISCUSSÕES	49
4	APRENDIZADO DE MÁQUINA, REDES NEURAIS ARTIFICIAIS E A VIABILIDADE DO FUTURO DA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM UM CENÁRIO DE PRODUÇÃO EM MASSA.....	51
4.1	APRENDIZADO DE MÁQUINA NO DESENVOLVIMENTO URBANO: CONTEXTO.....	51
4.2	REDES NEURAIS ARTIFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO URBANO	55

4.3	CLASSIFICAÇÃO PARA APRENDIZADO DE MÁQUINA.....	56
4.4	O PAPEL DA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MANUFATURA CONSTRUTIVA, SEUS ALGORÍTIMOS E SUA UTILIZAÇÃO NOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL.....	60
4.5	O USO DE ALGORÍTIMOS NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL.....	61
4.6	O QUE É UMA REDE NEURAL ARTIFICIAL (RNA) E QUAL SUA APLICAÇÃO NO PROJETO DE HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL	68
5	EXPERIMENTOS	75
5.1	EXPERIMENTO 1 – GERAÇÃO DE CAMINHOS MAIS CURTOS POR ALGORITMO COM BACKTRACKING	75
5.2	EXPERIMENTO 2 – O PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE COMO EURÍSTICA PARA DETERMINAÇÃO DO CAMINHO MÍNIMO ENTRE N PONTOS.....	84
6	CONCLUSÕES.....	94
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
6.2	PESQUISAS FUTURAS.....	96
6.2.1	Utilização de algoritmos de caminho mínimo com pesos atribuídos baseados em propriedades específicas de projeto.....	96
6.2.2	Treinamento de uma rede neural artificial para determinação de viabilidade de empreendimentos urbanos	96
	REFERÊNCIAS.....	97
	APÊNDICE A – CUSTO COM INFRAESTRUTURA INTERNA EM 9 HABITACIONAIS DO AGRESTE DE PERNAMBUCO ENTRE 2016 E 2017.....	102
	APÊNDICE B – CUSTO COM INFRAESTRUTURA EXTERNA EM 9 HABITACIONAIS DO AGRESTE DE PERNAMBUCO ENTRE 2016 E 2017.....	102
	APÊNDICE C – CUSTO COM INFRAESTRUTURA TOTAL EM 9 HABITACIONAIS DO AGRESTE DE PERNAMBUCO ENTRE 2016 E 2017.....	103
	APÊNDICE D – EXEMPLO AMOSTRAL DO ORÇAMENTO DETALHADO DE INFRAESTRUTURA DO HABITACIONAL 9.....	105

APÊNDICE E – CODIGO FONTE PARA PROBLEMA DO CAIXEIRO	
VIAJANTE.....	148
APÊNDICE F – CODIGO FONTE PARA PROBLEMA DO CAMINHO	
MINIMO.....	151

1 INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA-HIPÓTESE

O estudo apresentado tem como objetivo analisar a viabilidade da aplicação de modelos de aprendizado de máquina no processo de tomada de decisões no desenvolvimento de habitacionais de interesse social (HIS). A pesquisa se baseia numa investigação do modelo de produção em massa (PINE, 1992) e como isso afeta o processo projetual e construtivo de habitações de baixo custo, adotadas dentro da política habitacional brasileira. Ainda no âmbito teórico, pretende-se incorporar as teorias de reprodução e acumulação do capital para se deixar claros os incentivos exógenos que levam aos habitacionais de interesse social ter uma dinâmica simbiótica entre incorporadoras privadas e proprietários de terras rurais. Tais incentivos se convertem em dados práticos que podem ser analisados e filtrados conforme a importância no processo de tomada de decisões.

Ademais, algoritmos e modelos de aprendizado de máquina são simulados em cenários de possíveis utilizações para desenvolvimento de projetos de HIS com o objetivo de se avaliar a sua viabilidade de aplicação. Ultimamente, modelos de aprendizado de máquina são apresentados e sua aplicabilidade é avaliada dentro do modelo projetual e construtivo anteriormente citado. Por fim, referências de processos projetuais como gramática da forma (STINY & GIPS, 1971) são adotadas e simuladas para se avaliar sua aplicabilidade num cenário em que as atuais habitações de interesse social requerem uma qualidade construtiva muito acima da apresentada.

Partindo do que é observado nos habitacionais de interesse social já construídos no Brasil e do processo de produção em massa, é possível se utilizar modelos de aprendizado de máquina para se aperfeiçoar o processo projetual desses habitacionais e, por fim, colaborar para a construção de um ambiente construtivo de maior qualidade dentro dos recursos disponíveis?

1.2 JUSTIFICATIVA PARA O TEMA

A rápida transição do modelo de acumulação industrial, que perdurou até a década de 70, para um modelo de acumulação flexível, com a grande financeirização do capital, estimulou a autonomia do sistema bancário e a desregulamentação por parte do Estado. Tal contexto foi fundamental para inserção do mercado imobiliário no círculo de reprodução do capital e o escoamento dos investimentos para o setor da construção. As políticas públicas brasileiras atuais, inseridas nesse modelo de reprodução através da financeirização do capital imobiliário aparentemente estão andando lado-a-lado com o processo de fragmentação urbano (HARVEY, 1993).

No paradigma da desregulamentação e financeirização do capital enxerga-se um regime de Acumulação Intensiva em que o progresso técnico é tão rápido que o ritmo de substituição de técnicas é dominado pela taxa de obsolescência de ambos. Como a urbanização é, sobretudo, “o momento de transição nas características que o urbano desempenha nas relações sociais de produção e nos mecanismos necessários à sua reprodução” (AGLIETTA, 1976), a transição para o atual regime teve consequências na produção do espaço.

A cidade do capital é a detentora das condições gerais de produção (LOJKINE, 1977), é o espaço da luta em torno do consumo (CASTELLS, 1972), e é o circuito secundário que absorve a superacumulação do setor primário (HARVEY, 1985). No momento em que o setor primário reproduz o capital com altíssima velocidade, surge o interesse da inserção do ambiente construído nos circuitos financeiros do capital (BOTELHO, 2012), sendo assim, na cidade do capital, a financeirização do mercado imobiliário permite diversos arranjos institucionais que garantem a reprodução do espaço, como observado na atual política habitacional Brasileira.

Na escala individual o sistema hipotecário permite a securitização por parte das instituições financeiras, o que levou à possibilidade de financiamento à moradia própria a diversas famílias. Essa securitização é feita por meio de agrupamentos dos derivativos que cria o elo direto entre o capital financeiro e imobiliário. Tal securitização permite um fluxo rápido do capital no setor da construção (BOTELHO, 2012). As parcerias firmadas entre o público e o privado focam na atração do capital externo para sua expansão local. Assim, os grandes projetos, de absurdas escalas, surgem

e se multiplicam com o interesse de acelerar o giro da roda do mercado imobiliário. Como visto por Harvey (1985), a cidade é o circuito secundário que absorve a superacumulação do setor primário, no entanto, esse setor 'subalterno' pode emergir e tomar a frente da reprodução do capital quando esse encontra uma barreira na rigidez do meio de acumulação (LEFEBVRE, 1976).

No recorte do cenário urbano, as peculiaridades intrínsecas à relação estabelecida devido ao regime de acumulação de capital se manifestam. Tais peculiaridades são subproduto das características técnicas da produção e do eventual consumo do espaço construído. Essa produção do espaço, dada através da indústria nômade da construção (em que a indústria 'se movimenta' e o produto 'fica'), entrega uma mercadoria extremamente particular, que apresenta imobilidade e larga vida útil (ABRAMO, 1995). Tal "mercadoria", não é um produto qualquer, a habitação é a base da comunidade e da vida social (BOTELHO, 2012).

Dentro desse cenário, a forma de reprodução do espaço a fim de gerar acúmulo de capital se dá da seguinte maneira: o capitalista construtor (chamado por vezes de incorporador) se propõe a construir um habitacional, e assim compra a terra do proprietário original (detentor da posse, garantida por dispositivos legais). O construtor paga o preço do solo, que é uma forma transfigurada do aluguel, que nesse caso assume uma forma capitalizada. No fluxo da produção do espaço, o detentor original da terra cede a posse legal ao construtor, e assim, não assume mais o papel de proprietário e deixa de ser agente no processo. O construtor é o agente, no processo de reprodução do espaço, que comanda o processo de produção desse espaço construído. Opera através de um capital-dinheiro, que se converte em meios de produção e força de trabalho, é responsável pelo processo de produção e entrega o produto terminado, extraindo a mais-valia. A incorporadora privada ao se apropriar da terra rural para um futuro desenvolvimento urbano gera uma mais-valia proveniente da especulação daquela terra - tal mais valia é acrescida ao valor de um produto final construído. No caso urbano, o proprietário original deixa de ser proprietário assim que a produção toma lugar, pois cede a posse legal da terra ao construtor. O construtor é o agente que comanda o processo de produção do espaço construído e vende a terra de maneira simultânea com o espaço construído a um terceiro agente: o usuário final, que, ao adquirir o espaço construído na propriedade, também se converte em proprietário da terra.

Para Pedro Abramo (1995), as relações sociais de produção capitalista assumem formas históricas e geográficas diferentes ao longo da “historicidade capitalista”. Determinados períodos dessa historicidade adotam diferentes Regimes Urbanos. As relações sociais de produção capitalista, ligadas à interação produção-consumo, assumem formas particulares e que para se reproduzirem na temporalidade necessitam de um conjunto de instituições, normas, hábitos, etc. que configuram um conjunto de relações, chamado de modo de regulação.

Segundo Boyer, 1986, “As formas particulares de produção e de distribuição do excedente capitalista exigem condições institucionais, culturais e sociais que assegurem a sua reprodutibilidade”.

No quadro das “macro intenções”, a regulação urbana e o “modo de funcionamento da cidade” pode levar ao surgimento da “produção em massa de habitações”, ou seja, a articulação geral do capitalismo com a estrutura urbana - Regime Urbano - se articula em como essa espacialidade construída se reproduz - Regulação Urbana . De modo geral, as características do ambiente construído urbano, que configuram o que chamaremos de “funcionalidade da cidade” serão diferentes, com base no regime de acumulação em vigor

No atual regime de acumulação e regulação urbana, dispositivos legais mesclam os papéis dos agentes proprietários de terras e capitalista produtor na produção do espaço. Através de Sociedades em Conta de Participação (SCP), em que “a atividade constitutiva do objeto social é exercida unicamente pelo sócio ostensivo, em seu nome individual e sob sua própria e exclusiva responsabilidade, participando os demais dos resultados correspondentes” (artigos 991 a 996 do Código Civil), proprietários de terras rurais disponibilizam grandes áreas rurais para desmembramento e construção de habitacionais de interesse social – o programa Minha Casa Minha Vida (MCMV).

O baixo preço da terra rural associado ao zoneamento favorável (Zonas de Urbanização Preferencial) leva a um cenário promissor para a instalação de habitacionais pelos capitalistas construtores. Tal fenômeno está intrinsecamente ligado à dispersão urbana, que é o espaçamento dos tecidos urbanos dos principais centros (REIS, 2007). Os custos por lote de terrenos rurais para desmembramento urbano, utilizados para os habitacionais do Minha Casa Minha Vida faixa 1 ficam muito

abaixo dos custos médios com infraestrutura e materiais das unidades habitacionais. Esses valores associados com a possibilidade do proprietário de terra se tornar sócio do negócio (através das Sociedades em Conta de Participação) fomentam o surgimento de novas “constelações” ou “nebulosas” fora do perímetro urbano (figura 1).

Figura 1 - Foto de satélite de um habitacional padrão do MCMV no agreste de Pernambuco



Fonte: Google Earth (2017)

Assim, pode-se perceber a influência que a produção industrial teve no modelo arquitetônico, e no processo construtivo, a repetição e a padronização tem um papel fundamental no desenvolvimento de métodos e processos a fim de proporcionar mais racionalização e aumento de produção – Em certos casos, é necessária a adoção de um sistema de produção em massa (*mass production*) devido a limitações financeiras e a necessidade de rápida produção para suprir o déficit habitacional vigente. Alexander (1977) cita a necessidade da capacidade de identificação do habitacional por parte dos moradores (um senso de pertencimento) e uma capacidade de distinção do seu local de moradia para outros da cidade. – “Eles querem identificar a parte da cidade onde eles vivem como distintos de todos os outros.”

O paradigma atual consiste em como incluir a adaptabilidade de uma produção direcionada (customizada) num processo construtivo de habitação em massa (*mass housing*), dentro dos parâmetros de baixo custo e produção rápida – definidos por um programa de interesse social como o Minha Casa Minha Vida.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Examinar a viabilidade da utilização de modelos de aprendizado de máquina no processo de tomada de decisões no desenvolvimento de habitações de interesse social

1.3.2 Objetivos Específicos

A presente pesquisa pretendeu contribuir com os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a relação entre o modelo de produção em massa e o modelo de projeto para habitacionais de interesse social.
- Analisar os incentivos principais para a localização dos habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) juntamente com a adoção das técnicas construtivas e o reflexo dessas habitações na qualidade de vida de seus moradores.
- Averiguar a viabilidade da aplicação de algoritmos e modelos de aprendizado de máquina no processo de tomada de decisão no desenvolvimento de HIS.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos. No primeiro, apresentamos a introdução, abordando a problemática e esclarecendo os objetivos e metodologia.

No capítulo 2 é feita uma introdução à produção em massa e seus efeitos no processo construtivo e suas interrelações com o desenvolvimento de habitacionais de interesse social. É feito um panorama mundial que se fecha na realidade brasileira. Esse estudo é crucial para se entender que fatores exógenos influenciam no modelo

construtivo adotado para habitações de interesse social no Brasil e que métricas tomam lugar nesse processo.

No capítulo 3, são apresentados dados e pesquisas bibliográficas para se analisar o fenômeno do espraiamento urbano sob uma ótica econômica e pretende-se mapear os efeitos exógenos no processo simbiótico entre o setor público e privado. Essa discussão contribuiu para um mapeamento dos indicadores levados em consideração o processo de tomadas de decisão de implementação de um habitacional de interesse social.

No capítulo 4, se apresenta o conceito de aprendizado de máquina e uma análise sobre as suas aplicações em projetos urbanos. O estudo apresentado no capítulo 5, objetiva traçar paralelos com a atual situação de projeto para habitacionais de interesse social no Brasil e discutir o potencial da aplicação de algoritmos e modelos de aprendizado de máquina no processo de tomada de decisão.

Para concluir, o capítulo 6 apresenta as considerações finais abordando cada etapa da pesquisa, as conclusões e desdobramentos futuros

1.5 METODOLOGIA

Pesquisa bibliográfica e documental sobre o modelo de produção em massa e seu reflexo na produção de habitações.

Na pesquisa bibliográfica inicial relativa à métodos de produção em massa será explorado o cerne dos incentivos responsáveis pela produção em massa e seu reflexo no espaço construído. Consequentemente, serão abordados assuntos correlatos aos meios de reprodução e acumulação de capital num sistema de produção em massa relacionando-os com a temática do espaço construído. Nesse processo, os indicadores-chave do processo de produção serão classificados.

Pesquisa bibliográfica e documental sobre os incentivos dados aos agentes responsáveis pela incorporação de novos habitacionais do PMCMV nas regiões periféricas das cidades.

Na pesquisa bibliográfica inicial, serão levantadas informações relativas à SCP (sociedade em conta de Participação), que é o instrumento legal pelo qual proprietários de terras rurais disponibilizam grandes áreas não urbanizadas para desmembramento e construção de habitacionais de interesse social, incluindo coleta de dados relativos à preço da terra rural urbanizável e custos associados com desenvolvimento de infraestrutura básica requerida pela Caixa Econômica Federal. Serão utilizados dados documentais do autor com relação a custos de Terreno e de infraestrutura, proveniente de projetos desenvolvidos pelo mesmo.

Pesquisa por simulação ¹ - Simulações da utilização de algoritmos e modelos de aprendizado de máquina no processo projetual de desenvolvimento de habitacionais de interesse social

Na terceira e última fase, serão desenvolvidas simulações comparativas, usando como base o resultado das duas fases anteriores. Serão esboçados cenários fictícios utilizando os padrões de habitacionais já existentes, e serão desenvolvidos estudos de viabilidades e aplicação. Os estudos de viabilidade levam em consideração aspectos que dialoguem com os incentivos aos incorporadores encontrados na fase 1 da pesquisa, dentre eles: Custos com infraestrutura, volume de unidades habitacionais e viabilidade de produção em massa.

¹ Definida por Linda Groat e David Wang (2001) em *Research Methods* como a criação de modelos para se simular comportamentos que podem ser replicados posteriormente.

2 A PRODUÇÃO EM MASSA E A FRAGMENTAÇÃO URBANA

2.1 PRODUÇÃO EM MASSA: CONTEXTO E DEFINIÇÕES

No mundo atual, na escala global, objetos e serviços são comumente projetados para servir à média da população consumidora. As roupas que são fornecidas em lojas de departamento (e até em lojas de grife) são desenhadas em cima de moldes pré-definidos que correspondem a tamanhos médios (PP, P, M, G, etc.), *smartphones* são projetados levando em consideração o tamanho médio de uma mão humana – para que o *touchscreen* possa ser facilmente utilizado e até os peixes que são vendidos no supermercado comum tem que atender o tamanho e formato médio esperado pelos possíveis consumidores – levando a um desperdício de até 60% na cadeia produtiva, devido ao fato de que boa parte desses peixes não se enquadra no tamanho padrão, sendo assim descartados (TRISTAM, 2009).

No auge da matemática moderna no fim do século XIX o conceito de *média* era bastante utilizado e era a base para diversas teorias e trabalhos científicos. O conceito é bem simples para os padrões matemáticos - consiste em se fazer diversas observações e se dividir os resultados observados pelo número de observações realizadas, obtendo assim um valor que era considerado à época, mais próximo da realidade. Adolphe Quetelet² foi a primeira pessoa a aplicar esse conceito à realidade humana. Ao trabalhar numa agenda de saúde pública Quetelet foi forçado a aplicar métodos de análise de dados críticos para resolução de problemas. Num esforço de aplicar suas observações à realidade, Quetelet desenvolveu um estudo em que foram medidos os tamanhos do peitoral de mais de 5 mil soldados do exército escocês, obtendo, dessa forma uma média geral do que ele denominou de "tamanho verdadeiro" do peitoral do soldado médio escocês (THE ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH, 2006). Esse índice viria a ser conhecido como *índice de Quetelet* ou *índice de massa corporal* (IMC), e tal conceito se entrelaça ao ideal cartesiano de medidas absolutas que a sociedade moderna desenvolveu ao fim do século XIX (CAPRA, 1982).

² Adolphe Quetelet foi um Matemático, Estatístico e Filósofo Belga que viveu entre 1796 e 1874 foi o criador da Antropometria e do índice de massa corpóreo.

Influenciado pela ciência desenvolvida por Quetelet, durante a guerra civil americana, Abraham Lincoln solicitou oficialmente diversos estudos de tamanhos médios dos soldados da união, seguindo à risca os procedimentos da ciência desenvolvida por Quetelet - chamada de Antropometria. Devido ao imenso número de soldados que lutaram na guerra civil americana num curto espaço de tempo, os uniformes tiveram que ser produzidos em massa (*mass produced*³), sendo assim os soldados foram classificados em três grandes grupos médios – Pequeno (S), Médio (M) e Grande (L) – classificação que até hoje é utilizada em indústria de roupas civis. Tais estudos desenvolvidos na guerra civil foram o catalisador para uma cultura de padronização militar americana. No desenvolvimento dos aviões de guerra no início do século XX o *cockpit* foi projetado com base nas dimensões médias dos pilotos. Todas as dimensões internas foram baseadas nessas médias: assentos, distâncias dos comandos, pedais etc. O conceito era simples – De acordo com Daniels(1950), a lógica adotada pelo exército americano é que se o projeto atende *a média*, ele atende *a todos* (ROSE, 2016).

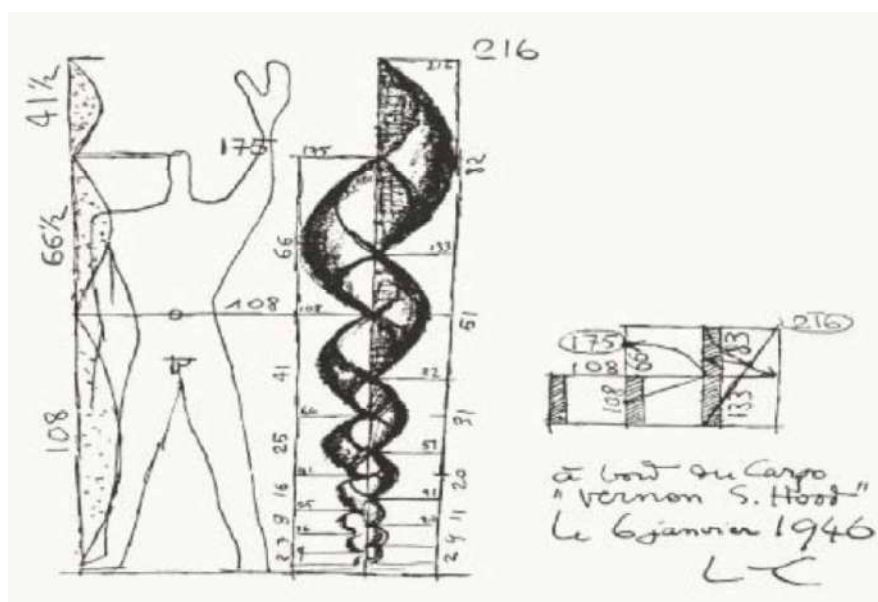
Entretanto, na década de 1950 o número de fatalidades se tornou gritante, mesmo em voos de treino – no auge do problema, 17 pilotos sofreram fatalidades num único dia. Durante algumas décadas, a razão do aumento das fatalidades foi um mistério, até o desenvolvimento de um estudo, realizado por Gilbert S. Daniels um recém-graduado de Harvard. Juntamente com Churchill e Hertzberg, na sua pesquisa, Daniels analisou as medidas de mais de 4000 soldados, que já haviam sido pré-selecionados para a força aérea com base em suas medidas – essas tabulações incluíram extensão, média, desvio padrão, coeficiente de variação e vinte e cinco medidas corporais selecionadas (DANIELS, 1954). Daniels realizou as medidas e confirmou que absolutamente nenhum piloto da força aérea tinha as mesmas 10 medidas básicas que o piloto médio. Mesmo baixando o número de variáveis médias para 3, ainda assim somente 5% dos pilotos se enquadram na mesma medida que o piloto médio. A força aérea americana foi rápida em responder e entender que para alcançar o sucesso, seria necessário projetar *cockpits* flexíveis, que atendessem o indivíduo e não a média. Daniels (1954) afirma que projetar algo que é direcionado à média, é projetar algo que não vai atender a ninguém.

³ Mass produced se refere ao processo de produção em massa em larga escala de um produto estandardizado. O termo é amplamente utilizado no círculo arquitetônico para se referir à produção em larga escala de habitacionais.

2.2 A MÉDIA E O HOMEM MÉDIO

Ao fim da década de 1920 o arquiteto franco-suíço Le Corbusier criou o sistema chamado de *Modulor*, um hibridismo lexical entre *Module* e *section d'or*⁴. O conceito é baseado na proporção áurea ($\Phi = 1.618$) que é a proporção algébrica dada pela divisão de uma reta de tal modo que a seção menor está para a maior, assim como a maior está para o todo. Le Corbusier contemplou a utilização desse sistema de projeto modular através da proposição de medidas pré-definidas e padronizadas, relacionadas com o corpo humano (Figura 2). Corbusier defendia intensamente que o *Modulor*, se amplamente utilizado como um sistema, seria a solução para problemas de padronização na indústria (SUMMERSON, 1963).

Figura 2 - O modulor de Le Corbusier



Fonte: Fondation Le Corbusier, 1945

Corbusier aplicou os parâmetros do *Modulor* na concepção de diversos projetos tais como a igreja de *Sainte Marie de La Tourette*, *Carpenter Centre*, dentre outros. Apesar da extensiva aplicação e renome, o *Modulor* é considerado uma falha e diversos especialistas desmascararam a sua utilização ao se revisar projetos e apontar que tais construções não deveriam nem sequer receber licença construtiva (MILLAIS, 2017).

⁴ Module: Módulo. Section d'Or: Seção de ouro.

2.3 LINHA DE PRODUÇÃO, SUBÚRBIOS E ESPRAIAMENTO⁵

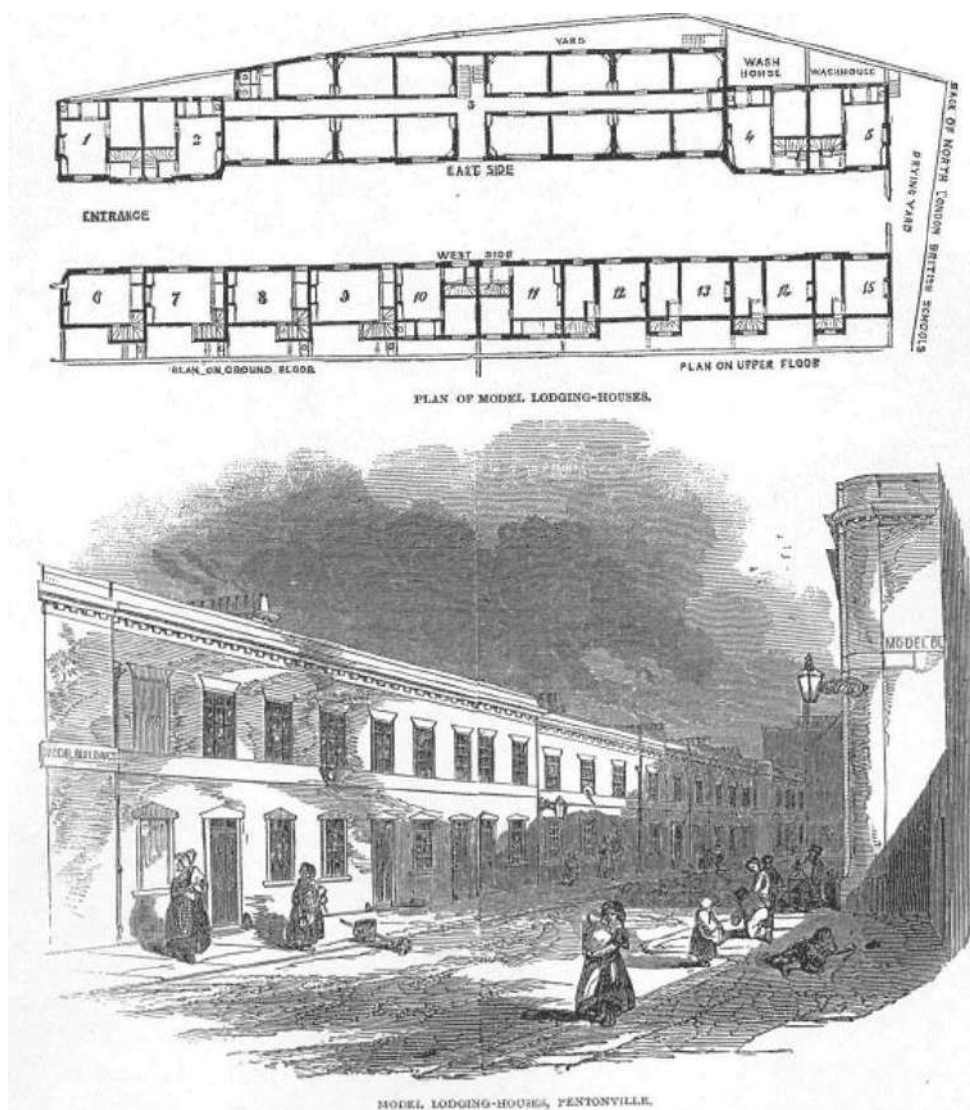
Em meados do século XIX juntamente com a presença da revolução industrial surgiram as primeiras associações de habitação de classes trabalhadoras. Desde 1830 um grande número de sociedades filantrópicas começaram a surgir na Inglaterra com o propósito de aprimorar a qualidade de vida da “classe trabalhadora”. Na Inglaterra haviam ao menos seis entidades no início do século XIX que desenvolveram prédios modelos (HIGGINBOTHAM, 2016). Em 1844 a *Society For Improving the Condition of the Labouring Classes* (S.I.C.L.C.) se estabeleceu e iniciou sua atuação com a seguinte premissa primordial no que diz respeito à assistência à moradia: “Organizando e executando planos como modelos para a melhoria das moradias dos pobres, tanto na metrópole quanto nos distritos manufatureiro e agrícola.” (TARN, 1973 ,tradução nossa).

O primeiro grande projeto desenvolvido nesse cenário foram os habitacionais na *Lower Road* em Pentonville / Inglaterra. Popularmente conhecido como *Bagnigge Wells* (figura 3) e desenvolvido pelo arquiteto Henry Roberts consistiu um marco divisório na história da arquitetura habitacional e no relacionamento entre o projeto arquitetônico e a comunidade. Essa foi a primeira tentativa, numa metrópole de prover à classe operária algum tipo de habitação apropriada, especialmente projetada para esse propósito. Tarn (1973) afirma que esse momento marca o fim da atitude *laissez-faire*⁶ direcionada às habitações para a classe trabalhadora, que havia surgido devido à revolução industrial.

⁵ Do inglês Urban Sprawl, que descreve o efeito da expansão de populações humanas para regiões afastadas dos centros urbanos, com baixa densidade habitacional e de características monofuncionais.

⁶ Expressão francesa que simboliza o liberalismo econômico, na versão mais pura capitalista. A expressão indica que o mercado deve funcionar livremente, sem interferência, com apenas regulamentação da propriedade privada.

Figura 3 - Ilustração de Henry Roberts do edifício habitacional conhecido como Bagnigge Wells



Fonte: Roberts, (1845)

A *Society For Improving the Condition of the Labouring Classes*⁷ precisava construir habitações com um capital e área construtiva limitados, sendo assim, os projetos desenvolvidos por Henry Roberts e a sociedade visavam uma economia de espaço indulgente, e adotavam uma redução ao espaço mínimo necessário, características que persistiram associadas à construção de habitacionais para a classe trabalhadora.

⁷ Sociedade fundada em 1830 e conhecida como SICLC desde 1844. A associação foi criada com o intuito de promover melhorias para a classe operária. Foi a primeira das Model Dwellings Companies – Empresas privadas responsáveis pela construção dos habitacionais em massa direcionados à classe trabalhadora pós-revolução industrial.

Na era pós segunda guerra mundial, os Estados Unidos observaram uma taxa de natalidade extremamente elevada (figura 4) chamada de *Baby Boom* - essa geração é resultado de uma economia fortalecida após o fim da guerra. Técnicas de produção em massa permitiram uma produção de moradias de maneira rápida e eficiente, atendendo à todos os padrões básicos de qualidade. Firms como *Levitt & Sons* se utilizaram do sistema de linha de produção para criar subúrbios espalhados como *Levittown* em Nova York, Nova Jersey, e Pensilvânia (GELFAND, 1982).

Figura 4 - Taxas de natalidade nos EUA entre 1909 e 2009. O trecho em vermelho representa a geração nascida no baby boom.



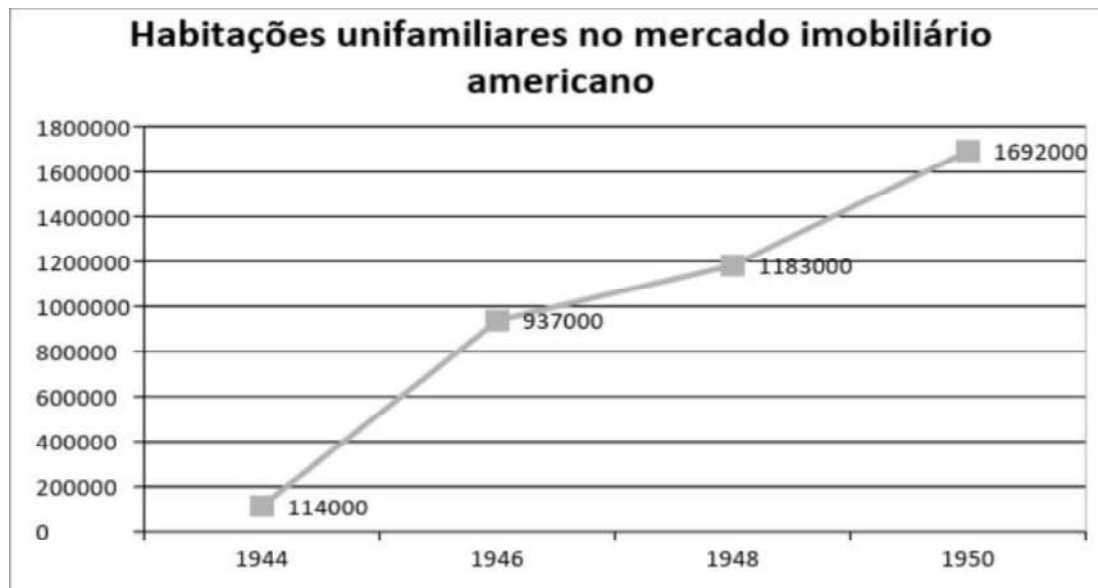
Fonte: Wikimedia Commons (2016)

Durante a segunda guerra mundial toda produção industrial dos Estados Unidos estava focada na entrega de materiais de necessidade imediata para o conflito global. Todas as fábricas estavam direcionadas em produzir artilharia, barracas, aviões de guerra etc. – não carros e casas, muito menos utensílios de utilização pessoal. Com a volta dos veteranos de guerra o índice de casamentos e de natalidade cresceu bastante e não havia moradia disponível para abrigar todas essas recém-formadas famílias (JACKSON, 1987). Sendo assim, a mesma potência industrial que elevou o status americano na segunda guerra mundial impulsionou a indústria

habitacional para os recém-chegados veteranos, dentre vários projetos que surgiram nesse período, se encontra o maior projeto habitacional privado da história americana: *Levittown*.

Liderados por William Levitt, veterano da marinha americana, a construção do conjunto habitacional *Levittown* adotou sistemas produtivos provenientes da linha de produção automobilística que William masterizou durante a guerra. O ideal de se utilizar o conceito da linha de produção na indústria da construção civil foi inovador. No ápice da sua implementação possibilitou finalizar a construção de uma casa a cada 16 minutos. De acordo com Marshall (2015) Levitt se considerava um fabricante, e não um construtor. O nível de customização das casas em Levittown se resumia à alteração de cores, linha do telhado e tratamento das janelas.

O absurdo aumento de demanda habitacional nos Estados Unidos durante a década de 1940 e 1950 não se deu somente à volta dos veteranos da segunda guerra. Em 1948 foi aprovado a *Housing Bill* (Título V do Projeto de Lei 81-171). O projeto de lei (PL), parte do programa de legislação doméstica de Harry Truman, incluía elementos de eliminação de assentamentos informais e renovação urbana. Além disso, o PL autorizou seguro de hipoteca e estendeu os recursos financeiros federais para a construção de mais de 800.000 unidades habitacionais (SUMMARY OF PROVISIONS OF THE NATIONAL HOUSING ACT OF 1949, 1949). Com o projeto de lei em vigor, milhares de americanos puderam financiar o pagamento da casa própria em 30 anos com taxas muito abaixo do mercado. Um imenso incentivo para geração de demanda – e um divisor de águas na necessidade produtiva habitacional. Além disso, a *Federal Housing Administration* (FHA) e a *Veterans Administration* (VA) ofereciam suporte governamental em que os novos inquilinos não precisariam depositar nenhuma entrada no momento da compra do imóvel, em comparação com o cenário anterior em que era necessário pagar em torno de 58% do valor total da hipoteca (CHEKOWAY, 1980). O *boom* imobiliário que sucedeu tais políticas nunca havia sido visto na história americana. O número de habitações unifamiliares saiu de 114.000 em 1944 para 1.692.000 em 1950 (Tabela 1).

Tabela 1 - Habitações unifamiliares no mercado imobiliário americano

Fonte: Gráfico pelo autor adaptado de International Journal of Urban and Regional Research, IV (1980).

Checkoway (1980) aponta também para o novo formato centralizado de construção que emergiu nesse período. De acordo com o autor, anteriormente toda construção habitacional americana era produzida por pequenos construtores, de maneira descentralizada. Para ele, junto com as novas políticas habitacionais e o aumento da demanda surge a identidade das grandes incorporadoras – em 1949, dessa forma, 70% das casas eram construídas por somente 10% das empreiteiras (KENNETH, 1985).

Somando esses fatores, o primeiro subúrbio americano produzido em massa emergiu de uma fazenda de batatas para um conglomerado de 82.000 pessoas em menos de dez anos (JACKSON, 1987). A construção das casas seguia um passo-a-passo de produção que envolvia 27 passos distintos, com cada casa tendo exatamente a mesma planta-baixa. As semelhanças com a indústria de bens de consumo é gritante e a influência do passo-a-passo da linha de produção é inegável. Dentro desse contexto, pode-se exemplificar a produção das cadeiras *Navy Chair* da Emeco - criadas para a marinha americana e fabricadas num detalhado processo constituído por 77 passos para sua finalização - que desde a década de 1940 é fabricada dentro dos mesmos moldes de produção (LINDA, 2000).

Na construção das casas em Levittown, times distintos eram responsáveis por partes distintas da construção das casas. Cada equipe era especializada numa etapa construtiva, e se movia para a casa posterior após a finalização da etapa em questão. Ou seja, uma linha de produção em que o produto fica e o operário se move: a indústria nômade. Para cortar custos, a *Levitt & Sons* mantinha uma área de montagem, em que os materiais necessários à construção eram pré-fabricados e enviados para a área de montagem (Figura 5).

Esse processo construtivo tem suas raízes em processos análogos ao de *produção lean* e é atualmente conhecido com *construção lean*. O princípio básico da *construção lean*⁸ é reduzir gasto desnecessário principalmente por atividades humanas que gastam recursos e não geram valor (WOMACK, 1996). Esse processo é implementad desde o projeto até sua implementação e reciclagem. Apesar do sistema implementado por Levitt ter surgido décadas antes da adoção do termo *construção lean* ele é um dos primeiros exemplos da utilização de tal sistema no ambiente construtivo.

Figura 5 - Time de produção durante o processo de montagem de uma casa padrão em Levittown



Fonte: University of Illinois at Chicago (2011).

Com esses cortes de custo, era possível se vender uma casa pelo valor de 7 mil dólares – 29 dólares por mês de hipoteca – comparado com o aluguel de 79

⁸ O termo construção lean foi cunhado oficialmente em 1993 pela International Group for Lean Construction e ainda é considerado como um paradigma atual da indústria construtiva.

dólares por mês na cidade (ELLIOT, 1982). Esse fator somado com a *Housing Bill* – que facilitava o financiamento dos imóveis – e a *G.I Bill*⁹ de 1944 – que garantia diversos benefícios para os veteranos da segunda guerra mundial – fomentaram o espraiamento dos centros urbanos americanos e o surgimento dos subúrbios: comunidades com baixa densidade populacional, de característica monofuncional, e dependente do automóvel privado (Figura 6).

Figura 6 - Vista aérea de Levittown



Fonte: Mathosian (2011).

2.4 NO EXTREMO DO ESPECTRO

No extremo do espectro da habitação como produto e da utilização de conceitos-chaves vistos anteriormente (como uso de pré-fabricados e processos simples de montagem) é possível se observar o fenômeno das casas pré-fabricadas pela *Sears & Roebuck* no começo do século XX nos Estados Unidos. A *SEARS* era uma empresa americana que na primeira década do século XX oferecia um catálogo com mais de 100.000 itens que poderiam ser enviados através do correio para as residências americanas. Durante 30 anos a *SEARS* manteve o programa *Sears Modern Homes Program* no qual casas inteiras eram vendidas por correspondência aos futuros proprietários. Os modelos eram pré-definidos, catalogados e eram enviados em um

⁹ Projeto de Lei que garantiu benefícios para os veteranos americanos da segunda guerra mundial. Dentre outros benefícios, garantia uma hipoteca a baixo custo e baixos juros em empréstimos.

vagão de trem que continha todos os materiais disponíveis, como a madeira já cortada, portas e até as maçanetas. De acordo com o ‘manual de instruções’ da SEARS, a casa poderia ser finalizada em até 90 dias sem a necessidade de nenhum profissional especializado. Mais de 75.000 casas foram enviadas pela SEARS através dos Estados Unidos. De acordo com Rosenberg (2018), as casas modelo da SEARS foram o catalisador no imaginário popular de que casas não precisavam mais ser um processo artesanal feito *in-loco* e que poderiam ser estandardizadas e acessíveis financeiramente (Figura 7).

Figura 7 - Catálogo da SEARS



Fonte: Open Culture (2018)

2.5 O CONSUMO DA A PRODUÇÃO EM MASSA (*MASS PRODUCED*)

Os meios de produção afetam a distribuição do espaço. A sociedade enquanto incluída no sistema de acumulação capitalista exige a constante melhoria – que se traduz no espaço construído como um produto construído. Por conseguinte, este consiste em um fruto de uma incorporadora que assimila controle de qualidade, segurança em obra, produtividade alta, baixo custo e prazos tangíveis - conceitos diretamente ligados com a linha de produção pós-industrial (FRUCTUÓS, 2002).

Observando a habitação como um produto industrial, de acordo com Hans Schmidt (1974), é necessário valorizar a simplicidade da técnica. De acordo com o autor a habitação - fruto do processo industrializado - precisa respeitar a racionalização de materiais, incluindo resistências técnicas e mecânicas, acústica, e comportamento térmico. A casa-produto também precisa ter um processo construtivo simples, ou seja, o processo de estruturação, montagem e finalização estética deve ter um nível de simplicidade que mantenha os custos reduzidos. Ademais, ele cita a importância da standardização do espaço habitável para o máximo aproveitamento e a eficiência da forma. Por fim, um dos fatores chave da produção industrial de habitação é a possibilidade do isolamento de elementos construtivos numa 'fábrica', ou seja, a utilização de perfis pré-fabricados e passíveis de aumento em escala (SCHMIDT, 1974).

O princípio motor do processo industrial é a repetição. A especialização do trabalho somado com o conceito de linha de produção permite uma redução de custos do bem de consumo que o torna acessível à população. A população ao consumir o bem, reproduz o capital do produtor e incentiva a economia de escala. Adam Smith (1776)¹⁰ identificou que a especialização e a divisão do trabalho são a chave para a redução de custos e maior retorno de produção.

Alexis de Tocqueville (1856) afirma que, para uma população de consumidores ser receptiva à produção em massa ela tem que ter uma base de consumo homogênea. Afirmando ainda que, aqueles que acumulam grandes riquezas não são susceptíveis ao consumo de bens produzidos em massa e que a produção em massa é ideal para atender à demanda de bens de necessidade do povo. Ademais, ele também afirma que a produção em massa pode levar a um cenário de superprodução.

2.6 DA PRODUÇÃO EM MASSA À CUSTOMIZAÇÃO

Observa-se que durante o processo de industrialização da construção civil, o modelo de produção em massa emergiu como vencedor por dois fatores majoritários. Primeiramente, para suprir uma demanda habitacional exorbitante proveniente do alto

¹⁰ Na primeira sentença de Uma investigação sobre a natureza e as causas da riqueza das nações (1776), Adam Smith previu a essência do industrialismo determinando que a divisão do trabalho representa um aumento substancial na produtividade.

índice de urbanização. Em segundo ponto, como forma de rápida reprodução de capital, por parte dos incorporadores. Muitos consumidores ficam limitados à falta de opção projetual, por circunstâncias socioeconômicas e ficam submetidos à uma condição de não possibilidade de escolha, em que a habitação produzida em massa é a única opção viável. Sendo assim, aonde firma-se o ponto mediano entre uma habitação de custo acessível e que atenda as necessidades individuais do futuro morador?

Em resposta a essa indagação o conceito de customização em massa (*mass customization*) foi cunhado por Davis em 1987, obteve popularidade nos círculos acadêmicos e na literatura de Administração, gestão e produção. Entretanto, uma das definições mais populares é atribuída à Hart (1996), sendo ela:

“[mass customization] é a capacidade de usar processos e estruturas organizacionais flexíveis para produzir produtos e serviços variados e frequentemente personalizados individualmente ao preço de produtos padronizados, produzidos em massa.” (HART, 1996)

Para Hart (1996), customização em massa não é “fazer qualquer coisa, à qualquer hora” e sim um contexto em que o consumidor pode expressar perspectiva dentro de uma variedade pré-definida. Ao passo que Joseph Pine (1992) defende em seu livro *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition*, quatro tipos de customização em massa (*mass customization*), sendo eles (Figura 8):

- 1) Customização colaborativa: A empresa conversa com clientes individuais para determinar que produto ofertado melhor atende a necessidade do consumidor. Essa informação então é usada para se manufaturar um produto que atende à esse consumidor;
- 2) Customização adaptativa: A empresa produz um produto padronizado, mas este produto é personalizável nas mãos do usuário final (os clientes alteram o produto);
- 3) Customização transparente: A empresa fornece produtos únicos à consumidores individuais, sem informar explicitamente que tais produtos são customizados;

- 4) Customização cosmética: A empresa produz um produto físico padronizado, mas o comercializam para diferentes clientes de maneiras únicas.

Figura 8 - Representação das quatro abordagens da customização, levando em consideração mudanças no produto e na representação.



Fonte: "The Four Faces of Mass Customization." Adaptação de: Harvard Business Review, January/February 1997, pp. 95

Nesse mesmo livro, Pine (1992) define o sistema de produção em massa, como uma roda que gira a partir de um novo produto. Esse novo produto inicia o processo de produção em massa, o que corrobora com um baixo custo e um padrão de qualidade consistente. Consequentemente, o mercado é homogêneo e a demanda é estável, sendo assim o produto em questão tem longos ciclos de desenvolvimento. Já no caso de produto customizado, o produto tem que ter um curto ciclo de desenvolvimento, e atende uma demanda fragmentada num mercado heterogêneo. Nesse caso, para se manter a 'roda da produção' de produtos customizados girando com um custo baixo e um padrão de qualidade aceitável, se faz necessária a inserção de tecnologia no processo e no produto.

3 DO REGIME DE ACUMULAÇÃO AO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL

3.1 A PRODUÇÃO DO ESPAÇO ATRAVÉS DA FINANCEIRIZAÇÃO DO MERCADO IMOBILIÁRIO

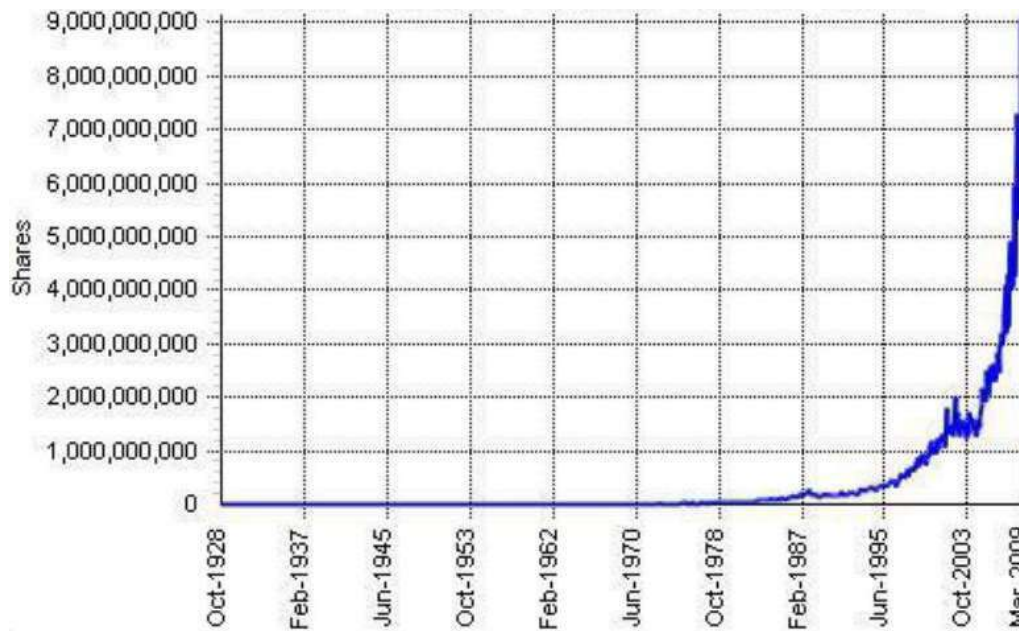
No século XX o sistema de reprodução do capital estava se engrenando no modelo Fordista. O contexto histórico e a crescente necessidade pela industrialização dos países desenvolvidos foram o estopim para o auge do modelo de reprodução fordista. Após a segunda guerra mundial, nos chamados “anos dourados” o modo de acumulação fordista atendeu às necessidades do capital, e afetando à sua maneira, o desenvolvimento do espaço urbano.

Entretanto, na década de 70, o capital encontrou uma barreira na sua reprodução fruto da rigidez e nas relações entre capital e trabalho do sistema Fordista. Tal rigidez gerou uma crise no mercado mundial, afetando não só os países altamente industrializados, como também os países em desenvolvimento (que recebiam financiamentos desses). Para permitir uma maior reprodução do capital, ações políticas e legislações direcionadas foram puxadas pela nova onda conservadora liberal, dando força ao sistema econômico independente, fortemente defendido por Ronald Reagan e Margaret Thatcher (MARTIN, 1998). Uma forte desregulamentação, flexibilização e liberalização dos mercados financeiros sinalizava o novo paradigma do modo de acumulação flexível que o mundo estava entrando (HARVEY, 1993).

Associado à forte desregulamentação, o encurtamento das distâncias físicas e intangíveis permitiu ao capital ter uma mobilidade absurdamente maior. A queda das barreiras geográficas, após o mundo entrar na era da técnica-informacional, permitiu a transnacionalização de instituições financeiras e o escoamento do capital de maneira muito mais fluida.

O novo paradigma da reprodução do capital o tornou bastante volátil (BOTELHO, 2012), dando muita autonomia ao sistema bancário. Com tal autonomia garantida, o sistema bancário buscou incansavelmente a capitalização através de sistemas que não geram mercadoria, extraindo a mais-valia pelos juros atribuídos aos títulos relacionados aos ativos, chamados de Derivativos. O derivativo é a financeirização de uma mercadoria, a fim de inseri-la no circuito do capital financeiro (Figura 10).

Figura 9 - Volume de troca de ações no Dow Jones (Mercado de ações Norte Americano) por ano



Fonte: DATA360 (2015).

Com tal autonomia garantida, a aplicação dos recursos se tornou o objetivo principal das instituições. Com o trauma da crise da década de 70, os governos buscaram formas de financiamento das dívidas sem soluções inflacionárias. Como o Estado tem que funcionar como o veículo pelo qual os interesses de classe dos capitalistas se expressam nos campos de produção, circulação e troca (HARVEY, 2005), a desregulamentação permitiu a criação da securitização de dívidas públicas. Esses novos instrumentos e produtos financeiros permitem uma crescente circulação dos fluxos, o capital financeiro aumenta de complexidade rapidamente e assume imensa importância na reprodutibilidade do capital no paradigma atual do equilíbrio de forças do capitalismo. Entretanto, a volatilidade desse capital, permite a rápida multiplicação, e a até mais rápida desintegração, o que leva a uma maior instabilidade da dinâmica de acumulação capitalista (HARVEY, 1993). Ainda assim, a força motriz do meio de reprodução atual é baseada no sistema financeiro.

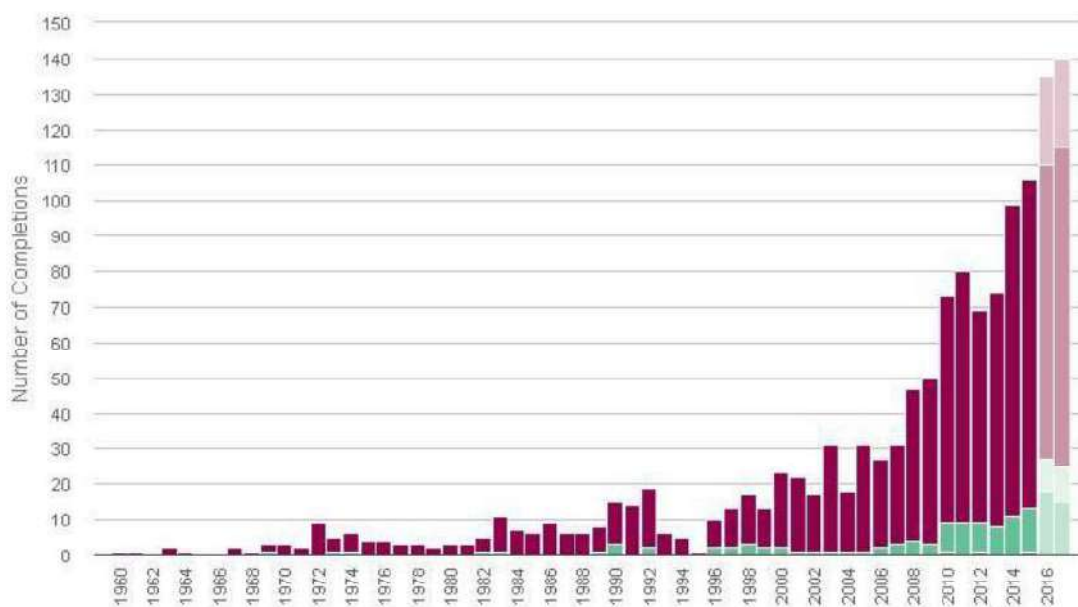
3.2 OS REGIMES DE ACUMULAÇÃO E O INCENTIVO A PRODUÇÃO DO ESPAÇO

No paradigma da desregulamentação e financeirização do capital enxerga-se um regime de Acumulação Intensiva em que o progresso técnico é tão rápido que o ritmo de substituição de técnicas é dominado pela taxa de obsolescência de ambos. Como

a urbanização é, sobretudo, “O momento de transição nas características que o urbano desempenha nas relações sociais de produção e nos mecanismos necessários à sua reprodução” (AGLIETTA, 1976), a transição para o atual regime teve consequências na produção do espaço.

A cidade do capital é a detentora das condições gerais de produção (LOJKINE, 1977), é o espaço da luta em torno do consumo (CASTELLS, 1972), e é o circuito secundário que absorve a superacumulação do setor primário (HARVEY, 1985). No momento em que o setor primário reproduz o capital com altíssima velocidade, surge o interesse da inserção do ambiente construído nos circuitos financeiros do capital (BOTELHO, 2012). A cidade do capital busca através da arquitetura de grife e dos grandes projetos atrair o capital internacional para o seu perímetro, girando assim a roda da produção e financeirizando os títulos associados à construção (Figura 11).

Figura 10 - Número de arranha-céus construídos no ano



Fonte: CTBUH, 2017

Sendo assim, na cidade do capital, a financeirização do mercado imobiliário permite diversos arranjos institucionais que garantem a reprodução do espaço. Na escala individual o sistema hipotecário permite a securitização por parte das instituições financeiras, o que levou à possibilidade de financiamento à moradia própria a diversas famílias. Essa securitização é feita por meio de agrupamentos dos

derivativos que cria o elo direto entre o capital financeiro e imobiliário. Tal securitização permite um fluxo rápido do capital no setor da construção (BOTELHO, 2012), nesse caso, a mais-valia é extraída no processo de produção da mercadoria através do lucro e é extraída no processo de financeirização através dos juros do ativo imobiliário. Observa-se que “o consumo do espaço é duplamente produtivo na medida em que produz tanto mais-valia como outro espaço” (LEFEBVRE, 2000).

Na escala da sociedade, as parcerias público-privadas buscam a promoção do crescimento econômico através da execução de grandes obras de suposto interesse público com a participação fervorosa da força de reprodução do setor privado. A lógica desse desenvolvimento urbano busca a inserção da cidade do capital no fluxo internacional, moldando as reestruturações urbanas para a criação da “cidade cenário” (BOTELHO, 2012), assumindo uma postura de “empresariamento urbano” (HARVEY, 1996). Sendo assim, o capital imobiliário consegue se instaurar novamente em centros urbanos em que o alto valor da terra havia trazido rigidez para a sua reprodução.

Não obstante, o capital proveniente de tais transações, como visto anteriormente, é volátil. Poucos anos após o surgimento de tantas novas ferramentas atrativas à reprodução do capital, tamanha flexibilidade de desregulamentação também se deparou com a crise. A financeirização do mercado imobiliário associada à excessiva liquidez internacional na primeira década do século XXI permitiu empréstimos a clientes NINJA (*No Income, No Job, No Assets*) - Sem renda, sem emprego, sem ativos - à alta taxa de juros. A valorização dos imóveis desses clientes permitia a criação de novas hipotecas em cima das antigas, com juros pós-fixados. Com a queda dos preços de tais imóveis, a taxa de juros subiu vertiginosamente, o que causou inadimplência em massa e o posterior despejo de quase quatro milhões de famílias norte-americanas, levando a posterior crise econômica de 2008 que teve escala global e afetou, inclusive, mercados emergentes.

Essa sucessão de eventos críticos deixa clara a mercantilização da moradia, com o objetivo de acelerar a reprodução do capital não mais pela extração do lucro da construção, mas também da financeirização dos títulos associados à ela. Diferentemente de outras crises dos meios de reprodução do capital, a crise do

*Subprime*¹¹ tocava diretamente na moradia de milhões de pessoas e deixou órfãos de um lar num processo rápido e avassalador – a crise da sociedade é também uma crise da cidade (IDOVINA, 1982).

Dentro dessa escala de reprodução do espaço, a dinâmica de construção de habitação na cidade adota um caráter de “empresariamento urbano” (HARVEY, 1996). As parcerias firmadas entre o público e o privado focam na atração do capital externo para sua expansão local. Os grandes projetos, de absurdas escalas, surgem e se multiplicam com o interesse de acelerar o giro da roda do mercado imobiliário. Como visto por Harvey, a cidade é o circuito secundário que absorve a superacumulação do setor primário (HARVEY, 1985), no entanto, esse setor ‘subalterno’ pode emergir e tomar a frente da reprodução do capital quando esse encontra uma barreira na rigidez do meio de acumulação (LEFEBVRE, 1976).

3.3 DA ACUMULAÇÃO POR RENDA À ACUMULAÇÃO POR JUROS: DO RURAL AO URBANO

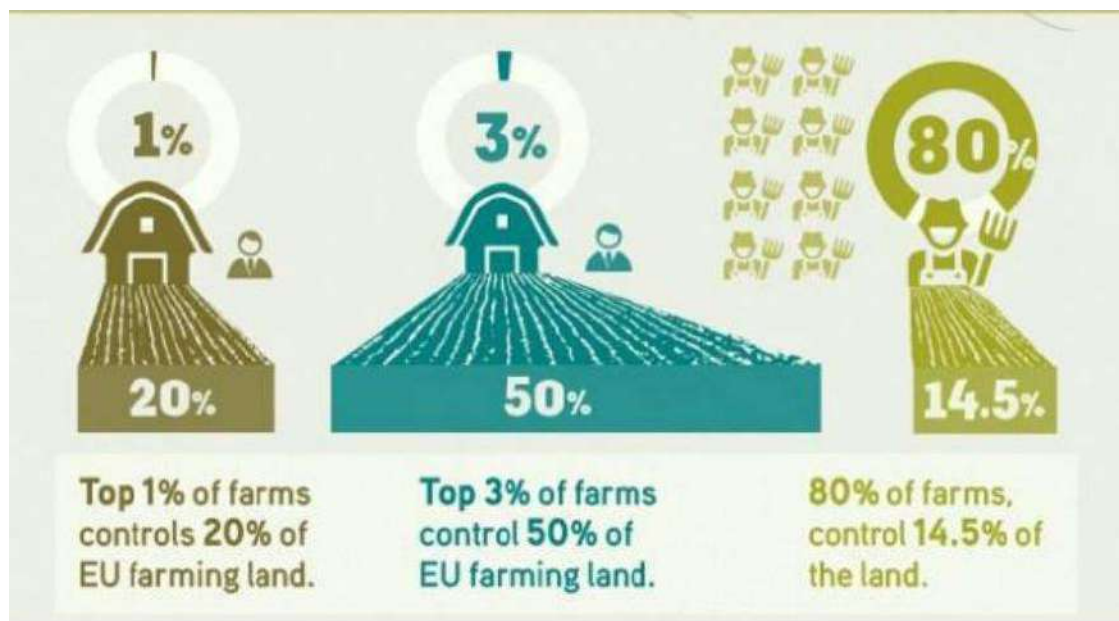
A cidade é a representação espacial da catalisação das forças produtivas. Ela opera como força produtiva e provedora das conexões necessárias para assegurar a relação produção-consumo, sendo fundamental no processo de desenvolvimento social como um todo. A terra urbana, inserida nas cidades, é o suporte físico da superposição das atividades produtivas e posteriormente se torna o suporte para a criação do espaço construído, que será consumido e utilizado (JARAMILLO, 1994). A cidade é duplamente produtiva, pois gera mais-valia e gera mais espaço.

Sob a ótica marxista perante a terra rural há dois agentes básicos: o proprietário de terras e o capitalista agrícola. Entre eles se estabelece a seguinte relação no que diz respeito o arrendamento da terra: o proprietário cede a terra, de maneira temporal, e o capitalista rural lhe cede uma soma, chamada de aluguel. A taxa de aluguel paga é a extração da mais-valia na forma de renda (JARAMILLO, 1994). Essa situação se enquadra num monopólio de classe, em que o direito à propriedade da terra é garantido e reforçado pelo Estado. No cenário atual europeu, apenas 1% dos

¹¹ A crise do subprime foi a crise financeira desencadeada em 2007 motivada pela imprudente concessão de créditos de alto risco, do inglês subprime loan.

proprietários de terras rurais detêm 20% da produção agrícola, enquanto 80% dos produtores detêm apenas 14,5% (*Land concentration – Transnational Institute*) (Figura 11).

Figura 11 - Concentração e utilização de terra na União Européia



Fonte: Transnational Institute (2014).

O proprietário de terras agrícola é uma categoria estável. A posse da terra fundamenta o papel do proprietário de terras – “posse legal”, a qual o proprietário não abre mão. Dentre as variações mais comuns, o capitalista agrícola pode comprar a terra – que é a regra nos cultivos permanentes. Quando um capitalista agrícola compra a terra, a relação da qual o aluguel emerge não se altera. Esse agente paga antecipadamente, de maneira capitalizada. A partir daí, começa a exercer o papel de proprietário e de capitalista produtor. Nesse caso o Estado tem um papel crucial a desempenhar na sustentação e na garantia da estabilidade das relações básicas de acumulação de capital - a garantia do direito à propriedade privada dos meios de produção e da força do trabalho.

No recorte do cenário urbano, as peculiaridades intrínsecas à relação estabelecida devido ao regime de acumulação de capital se manifestam. Tais peculiaridades são subproduto das características técnicas da produção e do eventual consumo do espaço construído. Essa produção do espaço, dada através da indústria nômade da construção (em que a indústria ‘se movimenta’ e o produto ‘fica), entrega

uma mercadoria extremamente particular, que apresenta imobilidade e larga vida útil (ABRAMO, 1995). Tal “mercadoria”, não é um produto qualquer, a habitação é a base da comunidade e da vida social (BOTELHO, 2012).

Dentro desse cenário, a forma de reprodução do espaço a fim de gerar ao acúmulo de capital se dá da seguinte maneira: o capitalista construtor (chamado por vezes de incorporador) se propõe a construir um imóvel, e assim compra a terra do proprietário original (detentor da posse, garantida por dispositivos legais). O capitalista paga o preço do solo, que é uma forma transfigurada do aluguel, que nesse caso assume uma forma capitalizada. No fluxo da produção do espaço, o detentor original da terra cede a posse legal ao construtor, e assim, não assume mais o papel de proprietário e deixa de ser agente no processo.

O capitalista construtor é o agente, no processo de reprodução do espaço, que comanda o processo de produção desse espaço construído. Opera através de um capital-dinheiro, que se converte em meios de produção e força de trabalho, é responsável pelo processo de produção e entrega o produto terminado, extraindo a mais-valia. O capitalista construtor, à medida que adquire a terra e durante o processo construtivo é um proprietário de terras e o espaço construído, enquanto produto segue ligado a terra durante o período de consumo. No caso urbano, o proprietário original deixa de ser proprietário assim que a produção toma lugar, pois cede a posse legal da terra ao capitalista construtor. O capitalista construtor é o agente que comanda o processo de produção do espaço construído e vende a terra de maneira simultânea com o espaço construído a um terceiro agente: o usuário final, que, ao adquirir o espaço construído na propriedade, também se converte em proprietário da terra.

Para Pedro Abramo (1995), as relações sociais de produção capitalista assumem formas históricas e geográficas diferentes ao longo da “historicidade capitalista”. Determinados períodos dessa historicidade adotam diferentes Regimes Urbanos. As relações sociais de produção capitalista, ligadas à interação produção-consumo, assumem formas particulares e que para se reproduzirem na temporalidade necessitam de um conjunto de instituições, normas, hábitos, etc. que configuram um conjunto de relações, chamado de modo de regulação. “As formas particulares de produção e de distribuição do excedente capitalista exigem condições institucionais, culturais e sociais que assegurem a sua reprodutibilidade” (BOYER, 1986).

No quadro das “macro intenções”, a regulação urbana e o “modo de funcionamento da cidade” pode levar ao surgimento da “produção em massa de habitações”, ou seja, a articulação geral do capitalismo com a estrutura urbana - Regime Urbano - se articula em como essa espacialidade construída se reproduz - Regulação Urbana (ABRAMO, 1995). De modo geral, As características do ambiente construído urbano, que configuram o que chamaremos de “funcionalidade da cidade” serão diferentes, com base no regime de acumulação em vigor.

É fundamental se entender o processo de acumulação e investimento do capital em processos de tomada de decisão de projetos urbanos que aderem à uma perspectiva *top-down* (MURRAY *et al*, 2009). A abordagem *top-down*¹² é claramente observada em projetos de interesse social como o Minha Casa Minha Vida e tais incentivos financeiros e sócio-políticos precisam ser explorados e mapeados a fim de se conceber os modelos que serão explorados mais adiante no decorrer desse trabalho. No espectro financeiro e de incentivos políticos-monetários, é possível se quantificar determinados indicadores que podem ser utilizados mais adiante como entradas de dados para uma análise bem sucedida de concepção de projeto.

3.4 O REGIME E A FRAGMENTAÇÃO – DO RURAL AO HABITACIONAL

No atual regime de acumulação e regulação urbana, dispositivos legais mesclam os papéis dos agentes proprietários de terras e capitalista construtor na produção do espaço. Através de Sociedades em Conta de Participação (SCP), em que “a atividade constitutiva do objeto social é exercida unicamente pelo sócio ostensivo, em seu nome individual e sob sua própria e exclusiva responsabilidade, participando os demais dos resultados correspondentes” (artigos 991 a 996 do Código Civil), proprietários de terras rurais disponibilizam grandes áreas rurais para desmembramento e construção de habitacionais de interesse social – Minha Casa Minha Vida Faixa 1¹³. Na tabela abaixo pode ser observado o valor dos terrenos rurais no agreste de Pernambuco:

¹² Planejamento top-down se refere ao processo de projeto centralizado e com baixa participação popular na concepção de projetos urbanos.

¹³ O programa Minha Casa Minha Vida é uma iniciativa do governo federal que oferece condições para o financiamento de moradia em áreas urbanas para famílias de baixa renda. A faixa 1 do programa contempla famílias com renda de até R\$1.800,00 e garante uma taxa de 0% de juros e pode ter um subsídio de até 90% do valor do imóvel

Tabela 2 - Valores de terrenos que possuem habitacionais de interesse social no agreste de Pernambuco

TERRENOS PROSPECTADOS PARA NOVOS EMPREENDIMENTOS DO MCMV FAIXA 1				
TERRENO	VALOR DO TERRENO (R\$)	ÁREA (Ha)	R\$ / Ha	R\$ / LOTE
Terreno 1	R\$ 4.200.000,00	35,00	R\$ 120.000,00	R\$ 3.333,33
Terreno 2	R\$ 3.000.000,00	30,00	R\$ 100.000,00	R\$ 2.777,78
Terreno 3	R\$ 2.319.000,00	46,38	R\$ 50.000,00	R\$ 1.315,79
Terreno 4	R\$ 9.142.857,14	80,00	R\$ 114.285,71	R\$ 3.174,60
Terreno 5	R\$ 1.800.000,00	9,00	R\$ 150.000,00	R\$ 4.166,67
Terreno 6	R\$ 2.380.000,00	5,50	R\$ 432.727,27	R\$ 9.902,23
Terreno 7	R\$ 3.124.000,00	7,10	R\$ 440.000,00	R\$ 12.222,22
Terreno 8	R\$ 1.920.000,00	4,80	R\$ 400.000,00	R\$ 11.111,11
Terreno 9	R\$ 1.451.250,00	3,87	R\$ 375.000,00	R\$ 10.416,67
Terreno 12	R\$ 4.800.000,00	12,00	R\$ 400.000,00	R\$ 11.111,11
Terreno 13	R\$ 2.069.200,00	7,39	R\$ 280.000,00	R\$ 7.777,78
Terreno 15	R\$ 2.735.949,10	8,60	R\$ 318.133,62	R\$ 8.837,04
Terreno 16	R\$ 10.000.000,00	40,00	R\$ 250.000,00	R\$ 6.944,44
Terreno 17	R\$ 2.200.000,00	10,00	R\$ 220.000,00	R\$ 6.111,11
Terreno 18	R\$ 2.000.000,00	10,00	R\$ 200.000,00	R\$ 5.555,56
Terreno 19	R\$ 5.180.000,00	35,00	R\$ 148.000,00	R\$ 4.111,11

Fonte: Autor (2019)

O baixo preço da terra na zona rural, como observado na tabela anterior, associado ao zoneamento favorável (Zonas de Urbanização preferencial) levam à um cenário promissor para a instalação de habitacionais pelos capitalistas construtores. Como pode ser observado na Tabela 3 os valores dos de aquisição prospectados em 8 diferentes terrenos que atualmente possuem habitacionais do Minha Casa Minha Vida faixa 1 mostram um valor médio entre R\$1.235,26 e R\$5.142,86. Tal valor é expressivamente baixo e é um grande incentivo econômico para o espraiamento urbano e desenvolvimento de habitacionais fora do perímetro urbano construído.

Tabela 3 - Terrenos que atualmente possuem habitacionais de interesse social no agreste de Pernambuco

TERRENOS QUE ATUALMENTE POSSUEM HABITACIONAIS MCMV FAIXA 1				
TERRENO	VALOR DO TERRENO (R\$)	ÁREA (Ha)	R\$ / Ha	R\$ / LOTE
Terreno 1	R\$ 2.005.200,00	46,38	R\$ 43.234,15	R\$ 1.235,26
Terreno 2	R\$ 3.179.250,00	47,10	R\$ 67.500,00	R\$ 1.928,57
Terreno 3	R\$ 2.736.600,00	45,61	R\$ 60.000,00	R\$ 1.714,29
Terreno 4	R\$ 1.563.300,00	17,37	R\$ 90.000,00	R\$ 2.571,43
Terreno 5	R\$ 1.257.000,00	17,16	R\$ 73.248,27	R\$ 2.092,81
Terreno 6	R\$ 1.710.000,00	15,25	R\$ 112.162,20	R\$ 3.204,63
Terreno 7	R\$ 1.504.256,18	21,49	R\$ 70.004,88	R\$ 2.000,14
Terreno 8	R\$ 25.200.000,00	140,00	R\$ 180.000,00	R\$ 5.142,86

Fonte: Autor (2019)

Tal fenômeno está intrinsecamente ligado à dispersão urbana, que é o espaçamento dos tecidos urbanos dos principais centros (REIS, 2007) (Figura 12). O fenômeno da dispersão vem sendo observado na literatura associado à difusão dos habitacionais populares em áreas isoladas associado com a ampla utilização do automóvel privado e redução da média de pessoas por domicílio. O termo “urbanização dispersa” é utilizado para se referir ao processo de urbanização que forma “constelações” ou “nebulosas” fora do perímetro urbano em que a aquisição de bens de consumo é feita em estabelecimentos espalhados pelo território e aumento do uso de transportes individuais em detrimento do coletivo devido à necessidade do transporte inter-regional.

Figura 12 - Habitacional do MCMV faixa 1 em construção próximo ao perímetro urbano de Caruaru/PE



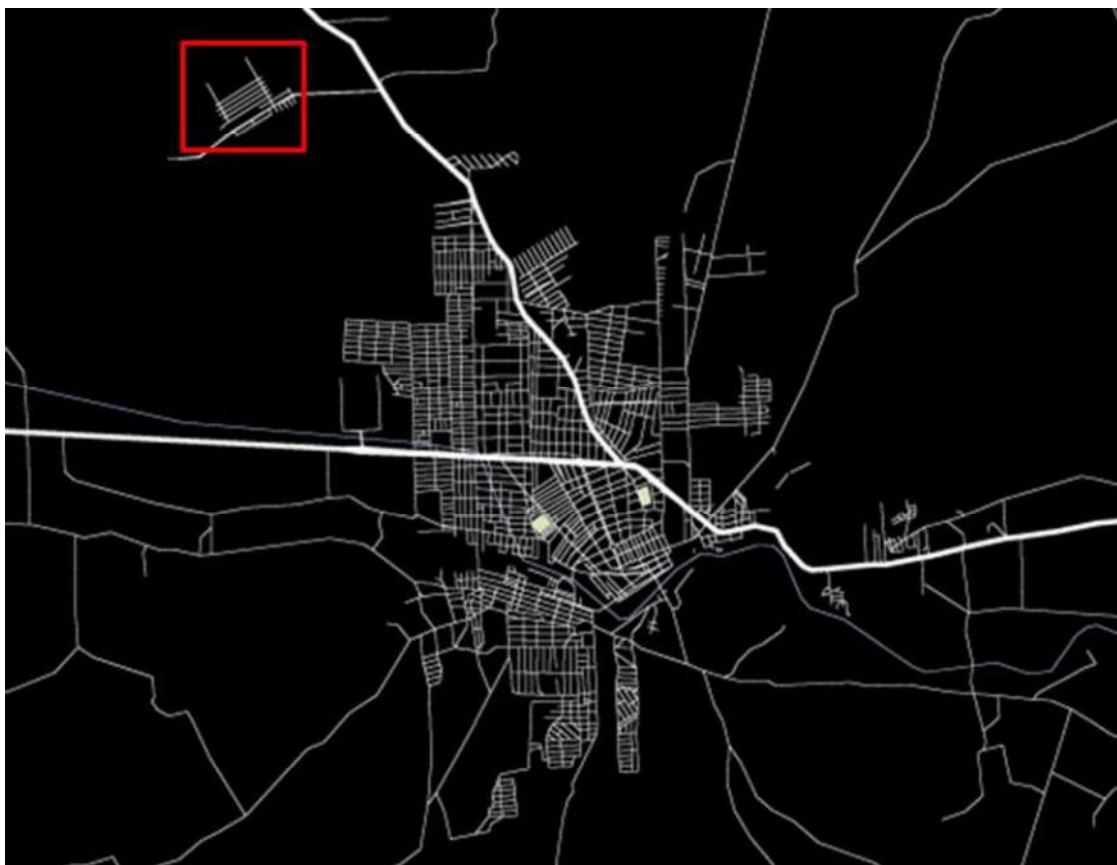
Fonte: Autor (2019)

O modo de acumulação flexível, propiciado pela grande autonomia do sistema financeiro pós-crise da década de 70 levou aos desdobramentos políticos que permitiram uma financeirização do mercado imobiliário no século XXI. Esse cenário foi incubador para o surgimento de dispositivos legais que funcionam como incentivos para a simbiose entre os proprietários rurais e os capitalistas construtores. Desse regime urbano, surgem padrões estabelecidos para suprir os déficits habitacionais, mas que, ao responder aos incentivos do mercado e do estado, respondem com um cenário de fragmentação urbana.

No cenário pertinente ao programa Minha Casa Minha Vida, o dispositivo legal que aporta tal simbiose é a Sociedade em Conta de Participação é “Uma sociedade empresária que vincula, internamente, os sócios. É composta por duas ou mais pessoas, sendo que uma delas necessariamente deve ser empresário ou sociedade empresária” (IN RFB Nº 1634/16, 2016). Atualmente, os artigos de 991 a 996 do Código Civil brasileiro dispõe sobre essa modalidade societária.

Os custos por lote de terrenos rurais para desmembramento urbano, utilizados para os habitacionais do MCMV faixa 1 (variando de R\$1.000,00 à R\$5.000,00 por lote construído), ficam muito abaixo dos custos médios com infraestrutura (aproximadamente R\$12.000,00), mão-de-obra (aproximadamente R\$8.000,00) e materiais das casas (aproximadamente R\$17.000,00) para um mesmo lote. Esses valores, associados com a possibilidade do proprietário de terra se tornar sócio do negócio (através das Sociedades em Conta de Participação) fomentam o surgimento de novas “constelações” ou “nebulosas” fora do perímetro urbano fortalecendo o processo de “urbanização dispersa”

Figura 13 - Habitacional do MCMV faixa 1 em construção próximo ao perímetro urbano de Santa Cruz do Capibaribe/PE.



Fonte: Autor (2019)

3.5 ANÁLISE DAS DISCUSSÕES

Como observado no decorrer deste capítulo, o processo de tomada de decisão em projetos de habitacionais de interesse social tem como critérios fundamentais os seguintes:

- 1) Custo do terreno: Sendo o critério mais fundamental, surge da necessidade da incorporadora de se manter dentro de um escopo de custo de projeto mínimo. Devido à flexibilização das normas de locação e zoneamento incongruente é um incentivo ao distanciamento do perímetro urbano. Sendo assim, as incorporadoras normalmente alocam os habitacionais em terrenos que estão o mais longe possível do centro urbano, mas ainda dentro do zoneamento favorável à construção. Entretanto, quão mais longe da infraestrutura urbana, mais caro será o custo da implementação de infraestrutura própria, ainda assim, o distanciamento é mais vantajoso economicamente. A consequência implícita à essa dinâmica é o serviço público defasado à futura população e fragmentação urbana.
- 2) Custo de infraestrutura urbana: Envolve os custos com terraplenagem ¹⁴, saneamento básico ¹⁵, pavimentação, rede elétrica e mobiliário urbano. Normalmente é inversamente proporcional ao custo com terreno. Um terreno próximo do perímetro urbano tem um alto custo mas requer menos investimento em infraestrutura básica, já um terreno distante do perímetro urbano possui um menor valor mas requer maior investimento com infraestrutura básica no que diz respeito à vias pavimentadas de acesso, adução de água tratada, emissão de esgoto bruto e distribuição de energia.
- 3) Custo de construção da unidade habitacional: Esse valor é relativo à unidade habitacional em si, e corresponde aos custos de fundação, superestrutura, acabamento e mão-de-obra. Tal valor sofre mínima modificação com relação aos dois critérios citados anteriormente.

A composição desse fatores se reflete no cenário em que os habitacionais se encontram completamente fora do perímetro urbano, não sendo atendidos por sistemas de transporte público, coleta de lixo, e outros serviços básicos. Ademais,

¹⁴ Movimentação de terra para atender projeto topográfico através de cortes, aterros e estruturas de contenção.

¹⁵ Redes de tratamento, distribuição e coleta de água e esgoto.

observa-se um cenário de segregação sócio espacial, dispersão e fragmentação urbana.

Diversas cidades médias brasileiras vem passando por um processo de urbanização acelerado desde os anos 2000 (MACHADO, 2015). Observa-se um cenário de dispersão urbana, que pode ser explicado utilizando-se o conceito de espraiamento, *urban sprawl*, proposto por Harvey em 1965. O autor o define como um processo gerador de empreendimentos residenciais com densidade continuamente baixa na zona periférica de uma área metropolitana em urbanização.

Análogo à dispersão urbana, mas menos comentado, se encontra o fenômeno da fragmentação urbana, definida por Salgueiro como “a existência de enclaves, o caráter pontual de implantações que introduzem uma diferença brusca em relação ao tecido que as cerca, seja de um centro comercial numa periferia rural ou um condomínio de luxo no meio de um bairro popular” (SALGUEIRO, 1998).

4 APRENDIZADO DE MÁQUINA, REDES NEURAIS ARTIFICIAIS E A VIABILIDADE DO FUTURO DA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM UM CENÁRIO DE PRODUÇÃO EM MASSA

4.1 APRENDIZADO DE MÁQUINA NO DESENVOLVIMENTO URBANO: CONTEXTO

Com base nos dados levantados e o reflexo negativo na qualidade de vida dos moradores das habitações de interesse social construídas atualmente no Brasil, há evidência que a qualidade desses desenvolvimentos oferece uma pobre experiência urbana e baixa qualidade de vida - Estudos de pós ocupação mostram um alto índice de insatisfação com relação à moradia e ao espaço construído (ROLNIK, 2015). De acordo com Rolnik (2010) o preço dos imóveis e terrenos nas capitais e regiões metropolitanas brasileiras associado à grande disponibilidade de crédito torna extremamente difícil a construção de unidades habitacionais dentro da faixa de renda das classes D e E. De acordo com Mendes (2014) os empreendimentos do PMCMV estão longe de incorporar conceitos como flexibilidade, customização, sustentabilidade e diversidade em suas soluções projetuais. O alto número de variáveis iniciais no processo de tomada de decisão do desenvolvimento de um novo projeto de habitação, abre um precedente imenso para equívocos e permite a repercussão de erros já cometidos em cenários anteriores, como observado na tabela 4 os desperdícios anormais na construção civil são extremamente impactantes.

Tabela 4 - Variação de quantidade de material orçado e material gasto com ênfase em desperdícios anormais

Material	Unidade	Orçado	Gasto	Variação	Desperdícios anormais
Concreto	m ²	66	70	6%	6%
Malha de ferro	un	170	173	2%	2%
Tijolos	m ²	22.127	28.116	27%	27%
Telha	m ²	255	313	22%	22%
Areia	t	371	396	7%	7%
Selador	lt	45	61	36%	36%
Pregos	kg	170	171	1%	1%
Cimento	sc	1.127	1.201	7%	7%
Tintas	lt	24	31	29%	29%
Vigota e tavela	m	850	960	13%	13%
Ferros	un	780	789	1%	1%
Tábuas	un	400	352	-12%	0%
Arames	kg	147	150	2%	2%
Massa fina	sc	335	608	81%	81%

Fonte: Análise de custos e desperdícios na construção civil (2015).

Tipologias e padrões se repetem desde a década de 60 (HEHL, 2014) que consequentemente vem causando um impacto socioespacial negativo (ROLNIK, 2015). Entendendo que o processo de desenvolvimento de projeto de um habitacional de interesse social parte dos incentivos produtivos industriais e político-financeiros levantados nos capítulos anteriores, como abordar esses fatores de forma sistemática para aumentar qualidade de projeto e consequentemente beneficiar os futuros moradores?

Figura 14 - Vila Kennedy em São Paulo, década de 1960



Fonte: Jornal tributário (1965)

Neste capítulo será explorada a utilização de sistemas de tratamento e manejo de conjuntos de dados enormes no processo de desenvolvimento de metodologias de análise e desenvolvimento de projetos urbanos - modelos inseridos na classificação do conceito definido como "aprendizado de máquina" (*machine learning*).

A vertente da Inteligência Artificial (AI) chamada *Machine Learning*¹⁶ (ML) envolve algoritmos e modelos estatísticos focados na resolução e desenvolvimento de prognósticos para sistemas complexos. Em geral, existem três tipos de processo de aprendizado de máquina:

- 1) **Aprendizado supervisionado:** Esse processo consiste em uma variável de destino, chamada também de variável dependente, que deve ser prevista a partir de um determinado conjunto de variáveis independentes. Usando esse conjunto de variáveis, é possível se gerar uma função que mapeia as entradas para as saídas desejadas. O processo de treinamento continua até que o modelo atinja um nível desejado de precisão nos dados de treinamento. Um exemplo da sua utilização é no desenvolvimento de carros autônomos.

¹⁶ Termo cunhado por Arthur Samuel em 1959.

- 2) **Aprendizado não supervisionado:** Nesse caso, não há nenhuma variável de destino ou resultado para prever ou estimar. Esse processo é utilizado para agrupar uma população em grupos específicos, o que é amplamente usado para segmentar clientes em grupos diferentes para uma intervenção específica. Usado para análises de dados exploratórias e na busca por padrões escondidos
- 3) **Aprendizagem por reforço:** Esse algoritmo é mais utilizado para a tomada de decisões específicas. A máquina é exposta a um ambiente em que ela se treina continuamente usando tentativa e erro. Esta máquina aprende com a experiência passada e tenta capturar o melhor conhecimento possível para tomar decisões com alta precisão. Um exemplo de Aprendizado por reforço é o processo de decisão de Markov - estrutura matemática para modelar o processo de tomada de decisões em situações em que os resultados são parcialmente aleatórios e parcialmente sob o controle de um tomador de decisão.

Como observado anteriormente em determinadas situações, tais estruturas de manejo de dados requerem uma quantidade de dados iniciais alta e consistente que é adequada para o uso em um cenário homogêneo. Com larga disponibilidade de dados e um poder centralizado do banco de dados geral, os projetos de habitação de interesse social brasileiros apresentam uma alta susceptibilidade para a aplicação de tais estruturas e processos.

Dentre vários modelos e estruturas de aprendizado de máquina, um dos que apresenta elevada adequação ao caso particular da habitação de interesse social produzida em massa no Brasil é o de Redes Neurais Artificiais (RNAs). Essa abordagem apresenta uma estrutura de vários algoritmos de aprendizado de máquina e de modelos estatísticos que trabalham em conjunto para processar entradas de dados complexas, tópico que será aprofundado na próxima seção.

Muitos dos aspectos negativos levantados em estudos de pós-ocupação do Minha Casa Minha Vida e outros projetos de habitação de interesse social, aparentemente poderiam ter sido minimizados se o processo de planejamento e concepção envolvessem variáveis que devido à estrutura atual terminam sendo ignoradas, dentre elas o acesso da população à infraestrutura social básica e integração do novo polo urbano à malha já existente.

A estrutura atual de projeto de planejamento incentiva as incorporadoras a produzir num ritmo de produção em massa e validar projetos em alta velocidade para que a rotatividade da produção se mantenha num ritmo que gere lucro. Em 2013 foram contratadas aproximadamente 912.000 unidades habitacionais e entregues quase 650.000 moradias. Em 2018 foram contratadas 527.115 moradias e entregues pouco mais de 163.000 (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2018). Esses valores ocorrem devido ao fato que as incorporadoras agem com o intuito de recuperar o capital investido num programa governamental que apresenta incertezas com relação à seu financiamento o que dificulta o processo de concepção e simulação de projetos e, conseqüentemente, dados valiosos não são utilizados de forma adequada. Com o advento do uso dos Sistema de Informações Geográficas (GIS¹⁷) e métodos de coleta de grandes conjuntos de dados, torna-se possível utilizar uma estrutura de trabalho de Redes Neurais Artificiais para uma vasta gama de finalidades - desde a criação de modelos de crescimento urbano (UGBM¹⁸) (TAYYEBI et al., 2011), modelos de previsão de mudança de usos de loteamentos urbanos (PIJANOWSKI et al., 2002) à prognósticos de utilização de cargas elétricas em células residenciais em um determinado perímetro urbano (BECCALI et al., 2004).

4.2 REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO URBANO

A era digital vem permitindo um crescimento exponencial na coleta e manejo de dados que associado à um maior poder operacional e descentralização do poder de processamento. Com o advento do processo de *computação em nuvem*¹⁹ - em que a infraestrutura de memória, capacidade de armazenamento e cálculo é hospedada remotamente e acessada pela internet - se torna extremamente mais fácil e acessível a computação de grandes databases. Dessa forma, possibilita uma abordagem

¹⁷ Sistema de Informações Geográficas (GIS) é uma estrutura para coleta, gerencia e análise de dados. Os dados são organizados em camadas de informação e visualizados através de mapas e representações 3D.

¹⁸ UGBM se refere à Modelo de limite de crescimento urbano. São ferramentas comumente empregadas por planejadores urbanos para restringir a expansão urbana, a fim de aumentar a densidade dos serviços urbanos e proteger as paisagens rurais vizinhas.

¹⁹ Do inglês *Cloud Computing*

holística e eficaz no processo de tomada de decisão, no que diz respeito ao desenvolvimento de projetos urbanos de larga escala.

O processo de planejamento, pesquisa e desenvolvimento de um projeto urbano aborda um número extremamente elevado de variáveis externas e internas que, fundamentalmente, tem um impacto crucial no produto final - especialmente se levadas em consideração as consequências não intencionais (frutos do uso e interação humana com o espaço construído). À medida que o número de métricas aumenta, o método convencional de análise de dados atinge um limite e uma alternativa se faz necessária (PFINGSTEN, 2007).

Na atual vanguarda da utilização e manejo de dados, se encontra o estudo de algoritmos e modelos estatísticos que sistemas computadorizados usam para progressivamente aprimorar/aperfeiçoar sua performance em uma tarefa específica conhecido como "aprendizado de máquina" (*Machine Learning*). Fundamentalmente, o computador - e não o 'programador' - que identifica os padrões no banco de dados e organiza essa informação de maneira numérica. O método de análise conhecido como *Machine Learning* já é utilizado em diversos setores, como: personalização de campanhas de marketing, detecção de fraude, carros autônomos, detecção facial e até na reprodução de pinturas renascentistas²⁰. Pouco a pouco, o uso dessa tecnologia vem encontrando espaço nos processos de tomada de decisão que anteriormente envolviam processos puramente empíricos.

A estrutura denominada *Machine Learning* envolve tipos de algoritmos de aprendizado que incluem processos e técnicas que fundamentalmente seguem um determinado modelo. As Redes Neurais Artificiais (RNAs) se enquadram dentro de um modelo que abrange um conjunto de algoritmos e procedimentos no intuito de "aprender" a realizar tarefas considerando exemplos iniciais.

4.3 CLASSIFICAÇÃO PARA APRENDIZADO DE MÁQUINA

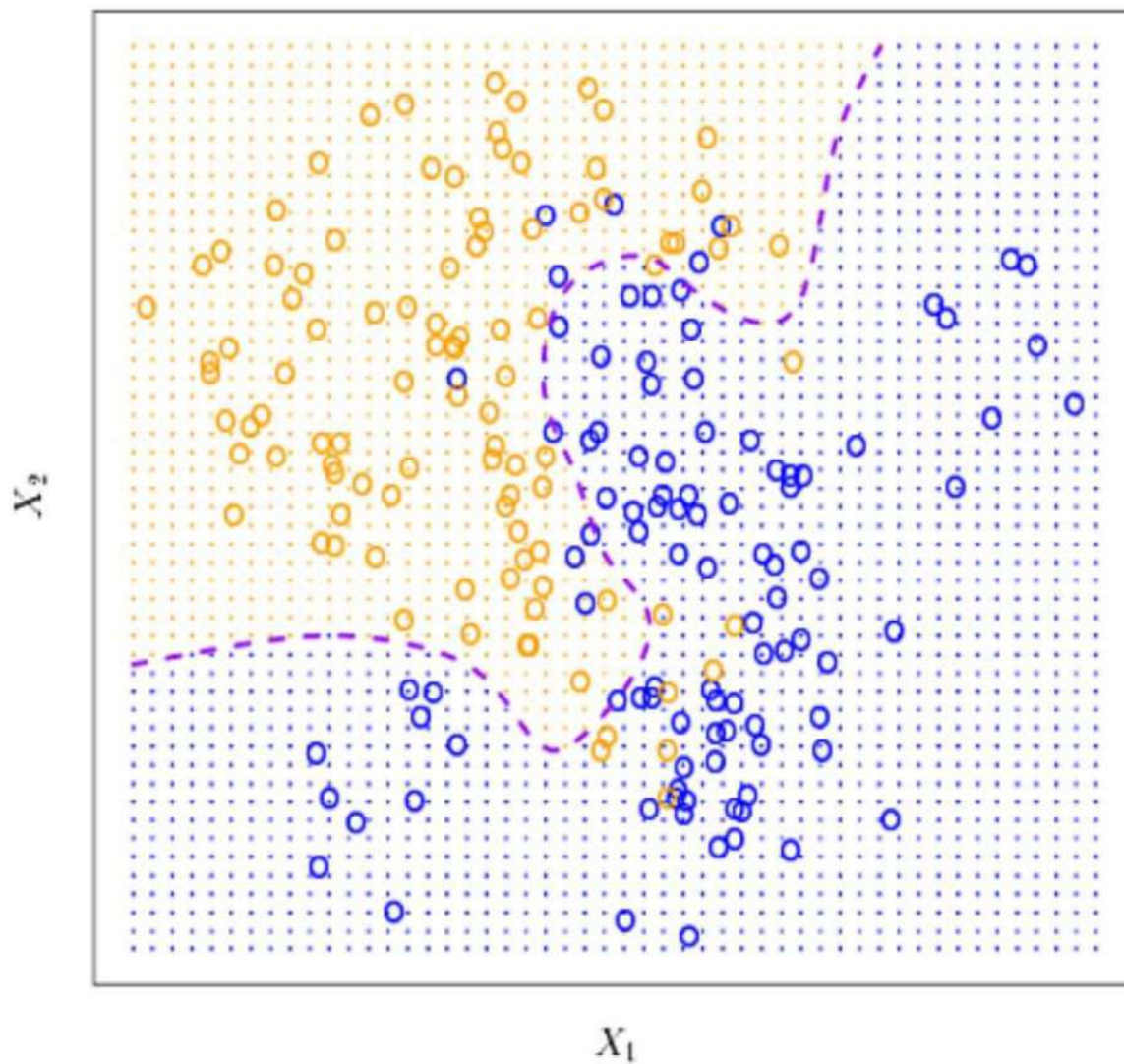
Para se compreender efetivamente a atuação de uma Rede Neural Artificial é necessário a compreensão de alguns conceitos de cálculo, estatística e ciência

²⁰ Como observado em "*The new masters*"

computacional como no caso de um programa classificador. Um programa classificador usa um banco de dados inicial chamado de dados de treinamento (*training data*) para classificar uma amostra dentro de algumas opções com base em características da amostra. Um exemplo prático dessa aplicação seria para a classificação de diferentes espécies de insetos/animais com base em dados coletados em campo como medidas, peso, cores, etc. Esses dados são classificados como pontos em uma matriz, que inclui uma 'região de decisão' limitados por uma 'fronteiras de decisão'. Essa matriz é chamada de Matriz de Confusão (*Confusion Matrix*) (Figuras 15 e 16). Essa abordagem de divisão do espaço de escolhas pode ser representado como uma 'árvore de decisões'. A fronteira de decisão pode ser linear ou não-linear.

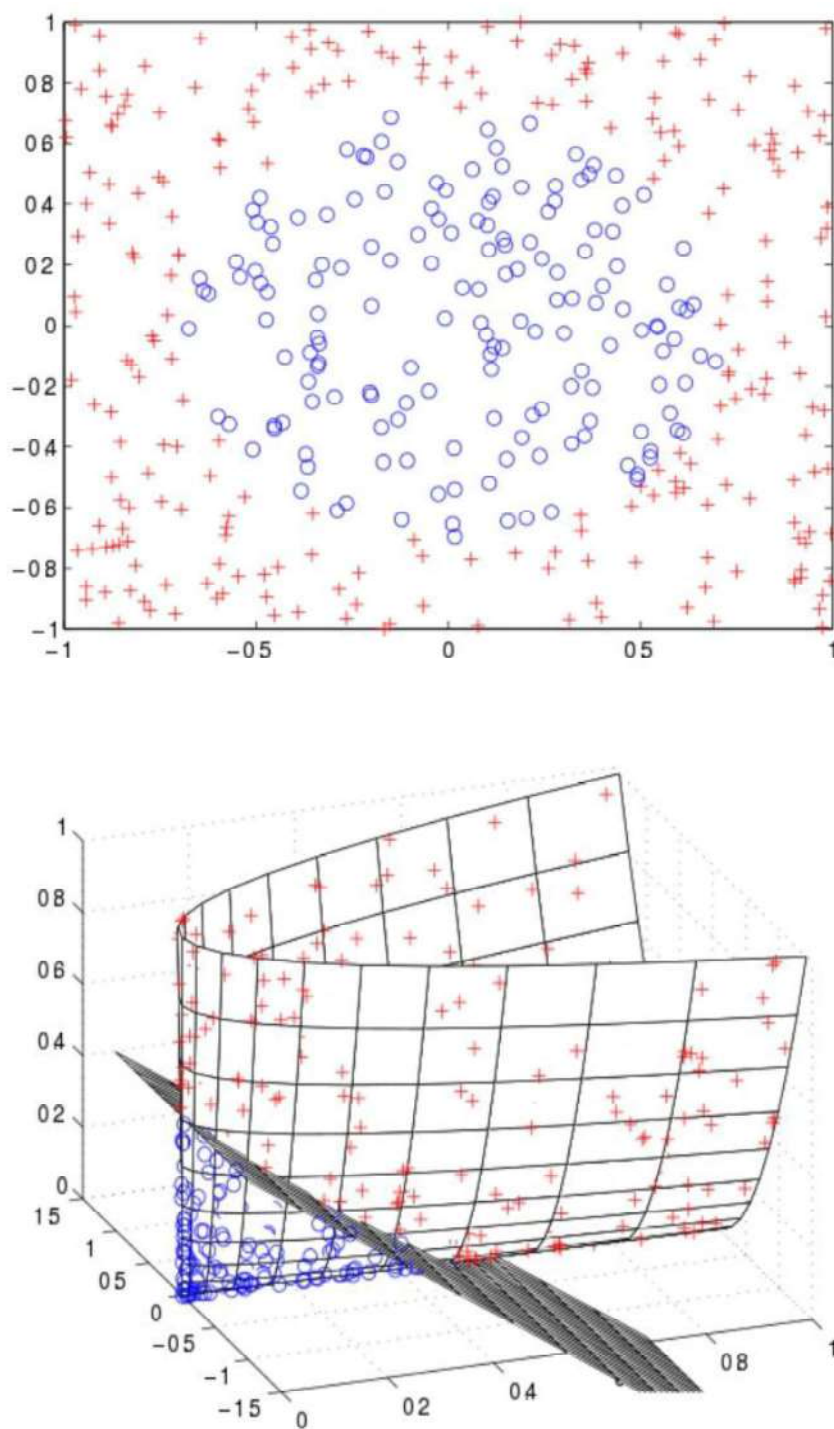
É fundamental observar que 2 características geram uma matriz que se representa num gráfico bidimensional, 3 características geram uma matriz representada num gráfico tridimensional e qualquer sistema que envolva mais de 3 características não possui uma forma visual de ser exibido. É importante observar também que, num sistema real e funcional, o número de características e de amostras é imenso gerando assim uma matriz de representação N-dimensional.

Uma *confusion matrix* com duas características pode ser expressa graficamente num plano bidimensional, com uma fronteira de decisão não linear - Exibida como a linha tracejada roxa na figura 15. A amostras são agrupadas em dois grupos distintos no plano bidimensional. Uma *confusion matrix* com três características pode ser expressa graficamente num espaço tridimensional. Nesse caso a fronteira de decisão é um plano que corta o espaço em duas regiões que contém os pontos de duas classes diferentes, agrupando esses pontos em dois planos distintos como pode ser observado na figura 16 que é um exemplo de uma Confusion Matrix com 3 características distribuídas num espaço tridimensional. Nesse caso a fronteira de decisão é um plano que corta o espaço em 2 regiões que contém os pontos de 2 classes diferentes.

Figura 15 - Confusion matrix com 2 características

Fonte: StackOverflow (2018)

Figura 16 - Confusion Matrix com 3 características



Fonte: Wikimedia Commons (2018)

4.4 O PAPEL DA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MANUFATURA CONSTRUTIVO, SEUS ALGORITMOS E SUA UTILIZAÇÃO NOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL

Como observado nos capítulos anteriores, um dos pontos de sobreposição dos interesses público e privado na construção de habitacionais de interesse social no Brasil é a otimização do processo construtivo e máxima utilização do espaço construível juntamente à máxima redução possível do custo por unidade habitacional - Envolvendo infraestrutura básica e materiais construtivos. O poder público tem o interesse de bater as metas estabelecidas desde 2009 na primeira fase do programa Minha Casa Minha Vida e entregar o maior número de unidades habitacionais para a população respeitando os critérios de qualidade estabelecidos. O setor privado tem o interesse de escoar a produção o mais rápido possível com o intuito de se manter dentro da esfera de produção de vilas do Minha Casa Minha Vida.

O processo prático de elaboração de um projeto desse porte envolve as seguintes fases:

- 1) Prospecção de terreno: Nessa fase diversos terrenos potenciais para construção são observados e levantados. Custos de aquisição, limpeza, desmembramento, dentre outros são considerados.
- 2) Levantamento topográfico: O levantamento topográfico é realizado à fim de se obter informações necessárias para os projetos de terraplenagem, saneamento, pavimentação e estruturas em geral. O levantamento topográfico é normalmente realizado através de GPS e uma nuvem de pontos é gerada com informações parametrizadas do local em que o habitacional será construído.
- 3) Terraplenagem: É a técnica construtiva que visa aplainar um terreno para futuras construções. É crucial para se reduzir o valor dos custos com a infraestrutura de saneamento e pavimentação. Como observado no apêndice 4 tem valor crucial no processo de tomada de decisões na aquisição de novos terrenos. É comumente analisada através de mapa de manchas com percentuais de inclinação

- 4) Construção de adutoras e Emissários: É fundamental para o processo de saneamento de um novo habitacional de interesse social. É sempre necessário no caso de desenvolvimento de áreas não habitadas anteriormente.
- 5) Construção de redes coletoras e distribuidoras: É a rede de abastecimento de água e tratamento de esgoto interna do habitacional.
- 6) Pavimentação: Necessária em todos os acessos residenciais. Como observado nos apêndices 1 e 3 tem um impacto significativo nos custos de infraestrutura interna. O percentual de área pavimentada em relação à área total de um empreendimento padrão pode chegar a 30% devido ao fato que é requerimento normativo se ter acesso pavimento a toda frente de lote habitacional.
- 7) Rede elétrica: Mandatória em qualquer projeto de habitacionais de interesse social. É comumente desenvolvida em parcerias público-privadas.
- 8) Construção de fundações e superestruturas para unidades habitacionais

4.5 O USO DE ALGORITMOS NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Os processos implícitos à essas fases muitas vezes tem um caráter empírico que vem a mitigar a eficiência e custo final do espaço construído. Sendo assim, é fundamental observar o papel de algoritmos de otimização de processos que podem ser utilizados em fase de projeto no interesse de se atingir um potencial construtivo enxuto e de baixo custo.

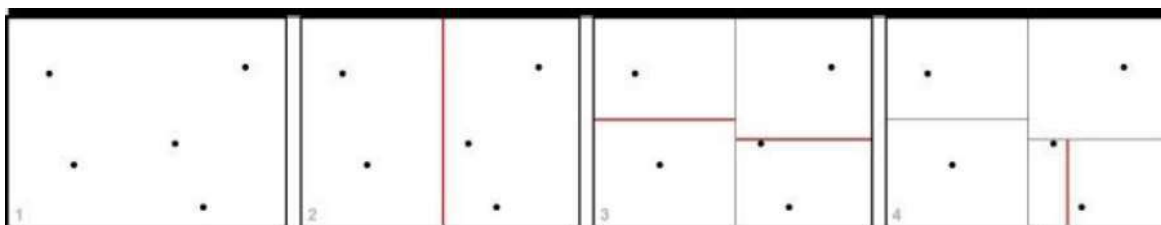
Nessa esfera, é necessário se estabelecer o conceito de algoritmo: “Algoritmo é uma especificação de como se resolver uma classe de problemas” (STONE, 1972). Em outras palavras, um algoritmo é um passo-a-passo de como se resolver um determinado problema, um algoritmo é um procedimento preciso e eficiente. Algoritmos são usados em diversos campos para a resolução de cálculos, processamento de dados e raciocínio automatizado.

No campo da arquitetura e projeto urbano, uma das utilizações práticas consiste na geração de plantas-baixas de unidades habitacionais eficientes

desenvolvido por Knecht (KNECHT, 2010). Neste processo, utilizou-se árvores k-dimensionais definida como uma estrutura de dados para partição de espaços em k dimensões - duas dimensões para uma planta baixa. A combinação dessa utilização com algoritmos genéticos permite otimizar o espaço construído em um processo fidedigno aos dados de entrada e que pode ser replicado numa escala de produção em massa (*mass production*) e até customização em massa (*mass customization*). De acordo com Martino (2015) a utilização de algoritmos genéticos juntamente com o conhecimento de sistemas emergentes, gramáticas generativas e geração algorítmica é a base do conhecimento para a aplicação de sistemas generativos.

Uma árvore de decisões, como a citada anteriormente, é um tipo de estruturação de dados que contém informações e as organiza através de uma busca binária. Uma árvore k-dimensional pode ser utilizada para alocação de pontos em um plano bidimensional e linhas de partição subsequentes (Figura 17), gerando assim uma partição de um plano em planos menores contidos no mesmo (BENTLEY, 1975). Associado ao processo de otimização é possível se criar uma planta baixa ideal, dentro de um número de restrições iniciais que podem ser fruto de códigos construtivos e parâmetros de projeto.

Figura 17 - Partição espacial num plano bidimensional utilizando uma árvore k-dimensional



Fonte: Knecht (2010)

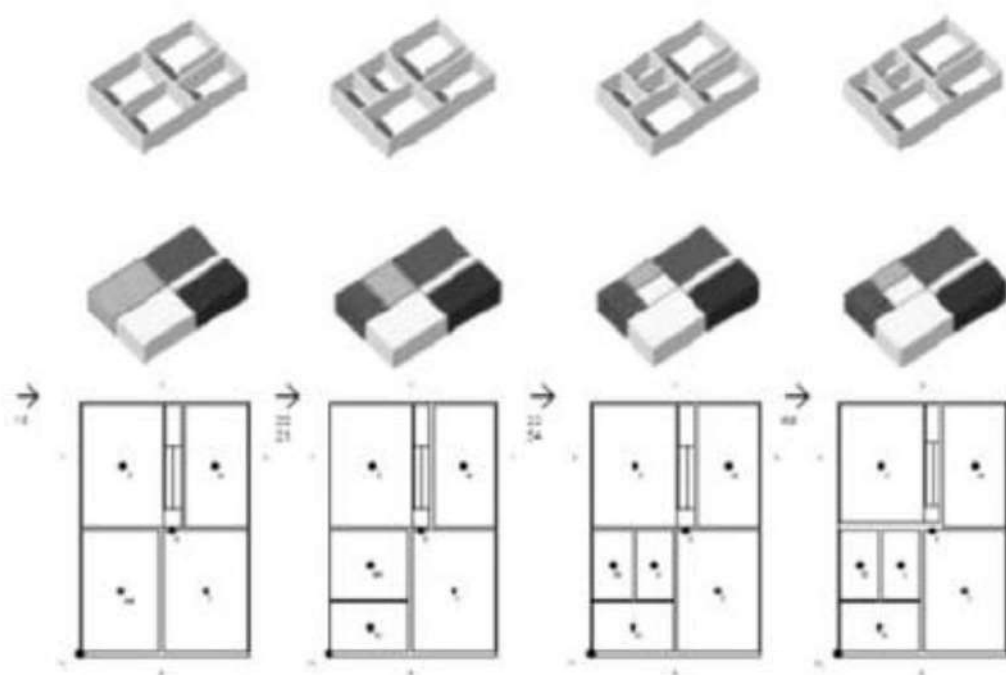
O processo criativo que leva à elaboração de um projeto estético e funcional pode ser quebrado em partes menores, consequentemente “maleáveis”. Estas podem ser descritas através de um processo preciso e pré-estabelecido que permite a replicação de formas pré-definidas e parte de uma “biblioteca” de influências arquitetônicas e de projeto urbano. Beirão e Duarte (2011) demonstrou a utilização dessa abordagem em uma gramática da forma²¹ (extraída de um conjunto

²¹ Gramática da forma é uma classe específica de sistemas de produção que geram formas geométricas baseadas em regras pre-definidas. O fundamento da gramática da forma foi definido em um artigo seminal de George Stiny e James Gips em 1971.

habitacional já estabelecido e com alta aceitação de pós-ocupação) e sua posterior utilização na geração de novas tipologias habitacionais (DUARTE, 2001) (Figura 18).

A gramática da forma desenvolvida por Duarte (2011), se baseia no projeto habitacional urbano *Quinta da Malagueira*, projetado pelo arquiteto Álvaro Siza, na cidade de Évora, em Portugal, constituído por 1200 unidades habitacionais e mais de 35 plantas baixas distintas.

Figura 18 - Demonstração de customização de habitações em massa por Jose Duarte



Fonte: Knecht (2010)

Duarte desenvolveu abordagens para gerar habitações genéricas dentro de um estilo pré-definido que foi baseado em regras extraídas através da gramática da forma e com base em heurísticas. Em 2005, José Duarte concluiu que “a implementação de computadores automatizará o processo de geração projetos, uma vez que gerará uma solução de design baseado no *prompt* do usuário” (DUARTE, 2005). Ademais, mapeamentos de regras e diretrizes de projetos habitacionais de sucesso foram realizadas através da coleta de dados gráficos por meio da gramática da forma (MENDES, 2014), que podem ser utilizados num futuro processo de automatização baseado em aprendizado de máquina.

Citada anteriormente, a árvore de decisões é a base para o entendimento de um algoritmo para busca de caminho²² e é uma aproximação com o uso de uma heurística de um algoritmo de busca em largura²³. O algoritmo pode ser utilizado para a obtenção da menor distância entre dois pontos considerando-se obstáculos. Uma heurística é uma abordagem para a resolução de um problema em que um método prático, não necessariamente perfeito, é suficiente para se alcançar um objetivo imediato. A aplicação desta heurística dá um “pontapé” inicial para o algoritmo chegar ao resultado ótimo. A utilização de tal algoritmo é altamente eficaz para a resolução de problemas que envolvem distâncias - e a otimização dessas - como fator crucial num estudo de viabilidade de implementação de infraestrutura urbana.

O modelo presente nos projetos de habitação de interesse social no Brasil envolvem um processo de expansão de infraestrutura de água de saneamento básico existente. Essa extensão envolve o processo de desenvolvimento de projetos de adutoras e emissários que em menor distância viabilizam a construção dos mesmos e otimizam um projeto à ser validado pelo poder público. O processo projetual e de planejamento das redes de saneamento básico ainda carecem de investimento nas áreas de ciência, tecnologia e inovação (NASCIMENTO, 2004) o que gera grandes perdas no processo de implementação e operação.

Algoritmos para busca do caminho mínimo são aplicados em processos de busca de direções e trajetórias entre dois pontos físicos que precisam ser conectados como o *GoogleMaps* ou *MapQuest*. É importante observar que o algoritmo pode ser incorporado numa simulação que leva em questão *pesos*. Sendo assim, um trajeto não tem somente *distância*, mas também um *peso* que pode ser proveniente de algum outro fator (como inclinação, por exemplo). Tal característica torna viável sua aplicação para projetos de conexões de longas distâncias como os projetos de rodovias (ABRAHAM *et al.*, 2010).

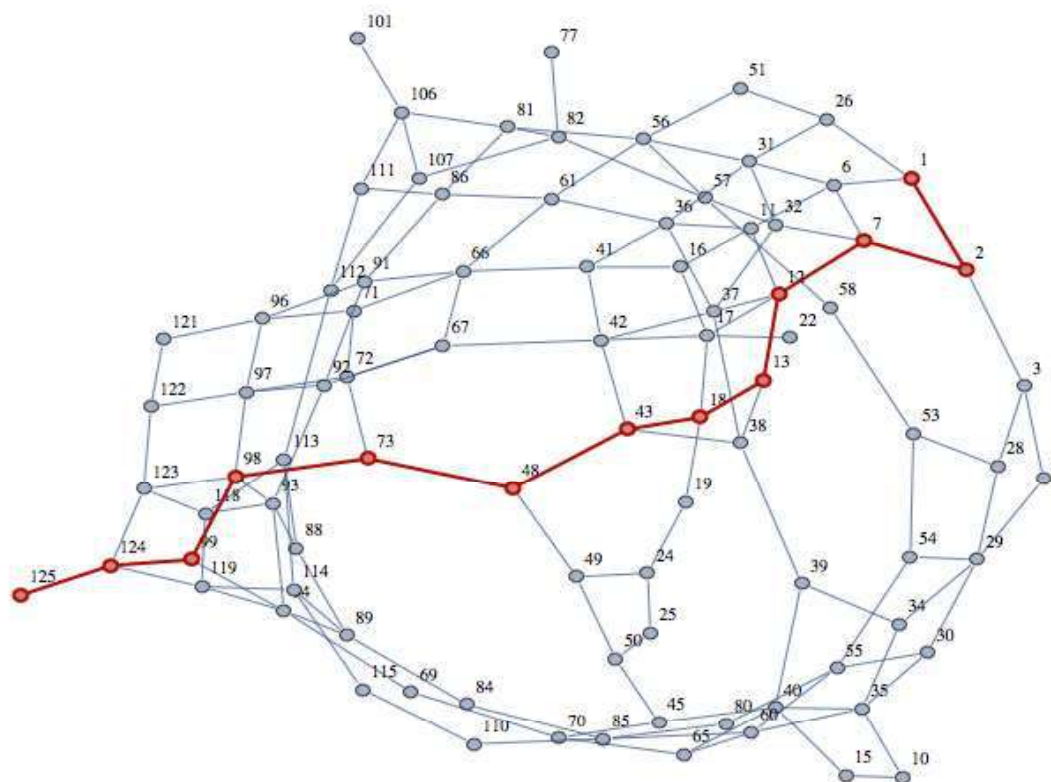
Na figura 19 é possível se observar uma aplicação direta de um algoritmo que soluciona o problema do caminho mínimo entre dois pontos simulando um cenário de

²² São algoritmos que se propõem a solucionar o problema do caminho mínimo.

²³ Busca em largura é um método de busca não-informada que expande e examina sistematicamente todos os vértices de um grafo.

um projeto de saneamento básico em que um habitacional deve ser conectado à uma rede existente.

Figura 19 - Exemplo de trajeto de menor distância entre dois pontos proveniente de um algoritmo A*



Fonte: Mathematica & Wolfram Language (2012)

Análogo e associado ao problema da menor distância, está o Problema do Caixeiro-Viajante (*Traveling salesperson problem*²⁴). Esse problema de otimização trata da resolução da menor distância entre um conjunto de pontos. A dificuldade do problema consiste no fato de que o número de possibilidades cresce exponencialmente à medida que o número de pontos aumenta - Para um número n de pontos maior que 3, o número de combinações é $(n - 1)!/2$ - Por exemplo: com 5 pontos diferentes o número de possíveis caminhos é 12, para 10 pontos diferentes o número de combinações atinge 181.400 possibilidades, para 20 pontos diferentes, o número de combinações já atinge o valor astronômico de 60 quadrilhões de possibilidades. (WOLFRAMALPHA, 2019).

²⁴ Primeiramente formulado em 1930 por Merrill M. Flood ao tentar estimar a rota mais curta de um ônibus escolar.

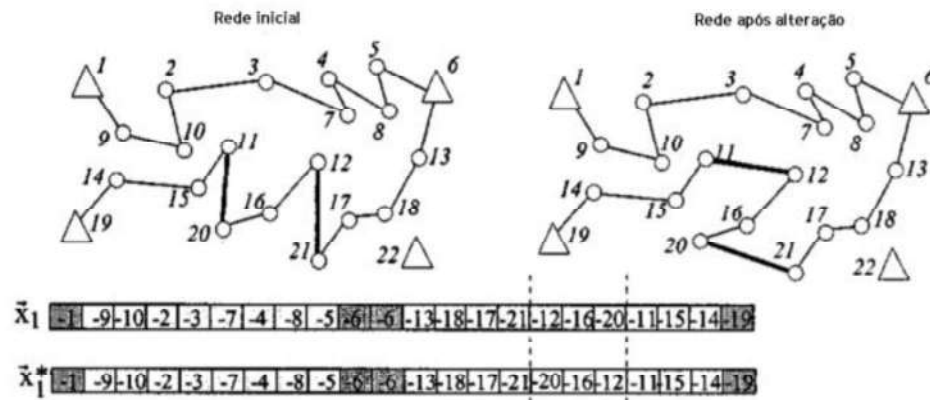
Sendo assim, no cenário de desenvolvimento de infraestrutura de saneamento atual no Brasil, em que diversos pontos de sangria de rede distribuidora de água e de coleta de esgoto são ligados numa malha pré-existente, torna-se necessária a utilização de algum sistema de processamento de dados que permita uma alocação adequada dos recursos para uma solução de projeto mais eficaz.

A aplicação do problema do caixeiro viajante é extremamente ampla e na esfera do planejamento urbano se vê presente atualmente em diversos campos de projetos de transporte (MAGNANTI, 1984) e distribuição energética (DIAZ-DORADO et al, 2002).

Magnanti (1984) afirma que inúmeras aplicações tão diversas quanto a tomada de decisões de investimento de capital, planejamento de frota de veículos e configuração de sinais de semáforos envolvem alguma forma de projeto de rede de escolha discreta. Ele afirma que diversos problemas tão complexos como os citados podem ser reduzidos à problemas pontuais que podem ser resolvidos com a utilização de algum algoritmo específico. Ele também afirma que o problema do caixeiro viajante é particularmente utilizável em situações em que o desenho de projeto é linear e o mesmo possui grandes custos fixos constantes. Esse processo é denominado um *modelo de otimização heurística*.

Diaz-Dorado e Míguez (2002) exploraram a utilização de modelos de otimização heurística para o desenvolvimento de projetos de média tensão (mv) em áreas urbanas. O processo projetual de Diaz-Dorado foi aplicado eficientemente numa cidade com uma população de 200.000 habitantes. O desafio dos autores foi determinar o menor percurso que cabos de média tensão poderiam fazer para atender a demanda energética dessa população - considerando as perdas de carga no trajeto. Para isso, eles afirmaram que a utilização de um modelo de resolução do *problema do caixeiro viajante* seria ideal.

Figura 20 - Modificação de projeto para utilização de caminho mínimo baseado na resolução do problema do caixeiro viajante

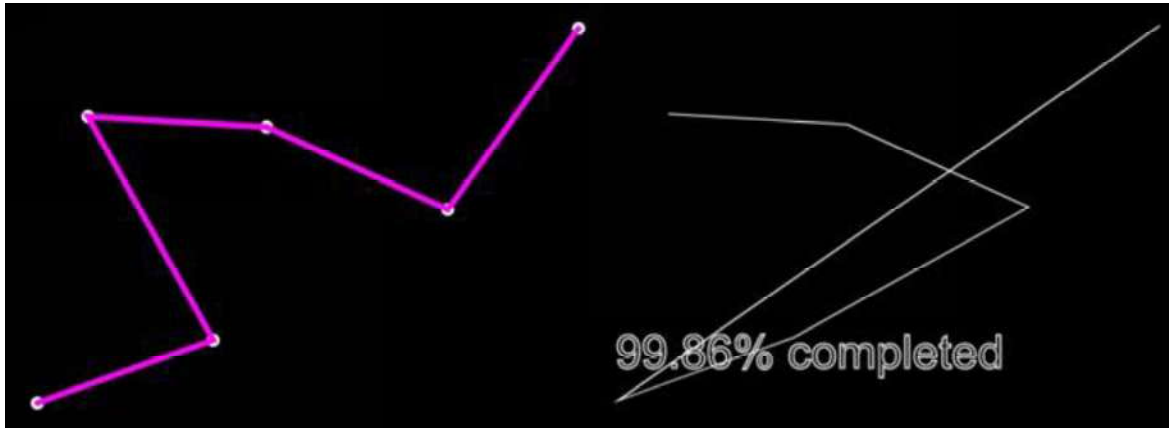


Fonte: DIAZ-DORADO (2002)

O programa Minha Casa Minha Vida, em uma parceria público-privada, tem como meta a construção de um milhão de moradias divididas em três grupos – 400 mil unidades habitacionais para famílias de baixa renda (0 a 3 salários mínimos); 400 mil unidades para as famílias com renda mensal entre 3 e 6 salários mínimos e 200 mil unidades para famílias com renda de 6 e 10 salários (BONDUKI, 2009). Um projeto nessa escala se faz necessária a adoção de uma solução projetual que venha a otimizar as redes de projetos lineares, com vários pontos de ligação e com alto impacto de custo. Como observado anteriormente, redes de esgotamento sanitário, distribuição de água, pavimentação e rede elétrica se enquadram nesse cenário.

A figura 21 demonstra a simulação de um algoritmo que testa todas as possibilidades dentro de um conjunto de caminhos possíveis e resulta no caminho mais curto dentro daquele universo de possibilidades. A aplicação de uma solução projetual dessas é clara e imediata, tendo visto que habitacionais que são construídos em zonas de urbanização periféricas ao limite urbano necessitam de conexões de saneamento básico, energia e redes viárias.

Figura 21 - Simulação de um algoritmo que testa todas as possibilidades dentro de um conjunto de caminhos possíveis e determina a menor distância entre um número N de pontos.



Fonte: Autor (2019).

A partir de problemas de otimização, como restrições e barreiras limítrofes de um desenho urbano, o processo contemporâneo de projeto requer uma abordagem prática e eficiente que permita a incorporação de um processo baseado em dados e com um método de tomada de decisões prático. É importante observar que é da natureza humana a conclusão rápida e imediata baseada em observações superficiais (KAHNEMAN, 2011) e que tais vieses cognitivos influenciam projetos urbanos através de *efeitos de ancoragem*²⁵, *vieses de confirmação*²⁶ e *enquadramento*²⁷, dentre outros.

4.6 O QUE É UMA REDE NEURAL ARTIFICIAL (RNA) E QUAL SUA APLICAÇÃO NO PROJETO DE HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL?

Inspirado no sistema nervoso central, as Redes Neurais Artificiais (RNAs) são capazes de realizar o aprendizado de máquina normalmente para reconhecimento de padrões. Vagamente similar à uma rede do sistema nervoso central, uma RNA possui uma camada de entrada de dados (*input*), uma camada de saída de dados (*output*) e, caracterizando o modelo, várias camadas ‘ocultas’ entre o *input* e o *output* chamadas

²⁵ *Anchoring* ou “efeito de ancoragem” é um viés cognitivo que reflete a tendência humana de se influenciar por números/valores exibidos no início de um processo de tomada de decisões

²⁶ *Confirmation Bias* ou “viés de confirmação” é um viés cognitivo em que o portador de um processo de decisão denota mais atenção à dados e afirmações que suportam sua causa inicial.

²⁷ *Framing effect* ou “efeito de enquadramento” se refere ao viés cognitivo em que um indivíduo identifica mudanças de maneira exacerbada (positiva ou negativa) com base numa influência inicial.

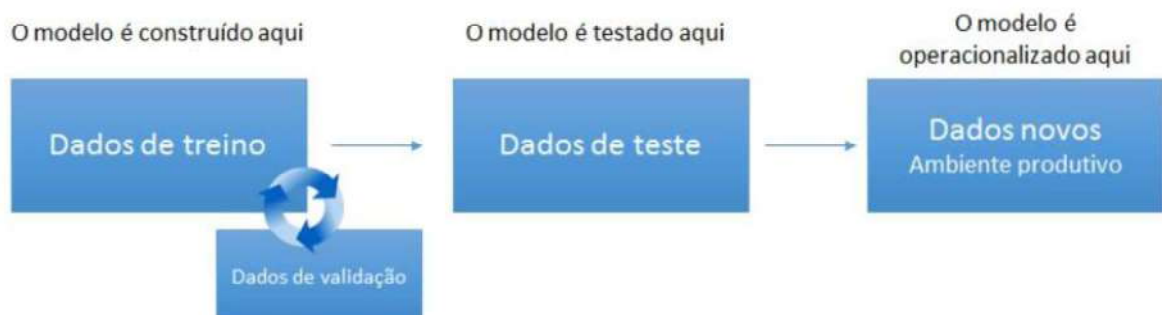
de camadas ocultas (*hidden layers*²⁸) (figura 23). Quão mais camadas “escondidas” entre os valores de entrada e de saída, mais “profundo” é o modelo de aprendizado. Associado à isso, se encontra o conceito de *Deep Learning* que é diretamente ligado ao número de *hidden layers*.

Há diferentes tipos de Redes Neurais Artificiais com diferentes usos e níveis de complexidade. O modelo mais comumente utilizado é o das Redes Neurais Recorrentes. Numa rede neural recorrente, o fluxo de dados flui nas duas direções e retroalimenta o processo. As tarefas específicas envolvidas com a rede neural envolvem classificação dos dados, *clustering* (classificação dos dados em categorias), e previsão (o uso de eventos passados para a previsão de padrões futuros). Uma rede neural “aprende” de maneira similar à um humano - através de experiências e repetição.

Os dados normalmente são alimentados em três fases distintas, como pode ser observado na figura 22:

- 1) Treino - Nessa fase os dados são alimentados para se “treinar” o algoritmo e estabelecer os pesos adotados nos nós.
- 2) Validação - É o processo iterativo com os dados de treino. Nesse momento o modelo pode sofrer alterações.
- 3) Teste - Testes são aplicados para confirmar se a rede neural está se comportando da maneira correta.

Figura 22 - Diagrama do processo de treino, validação e teste do treinamento de máquina



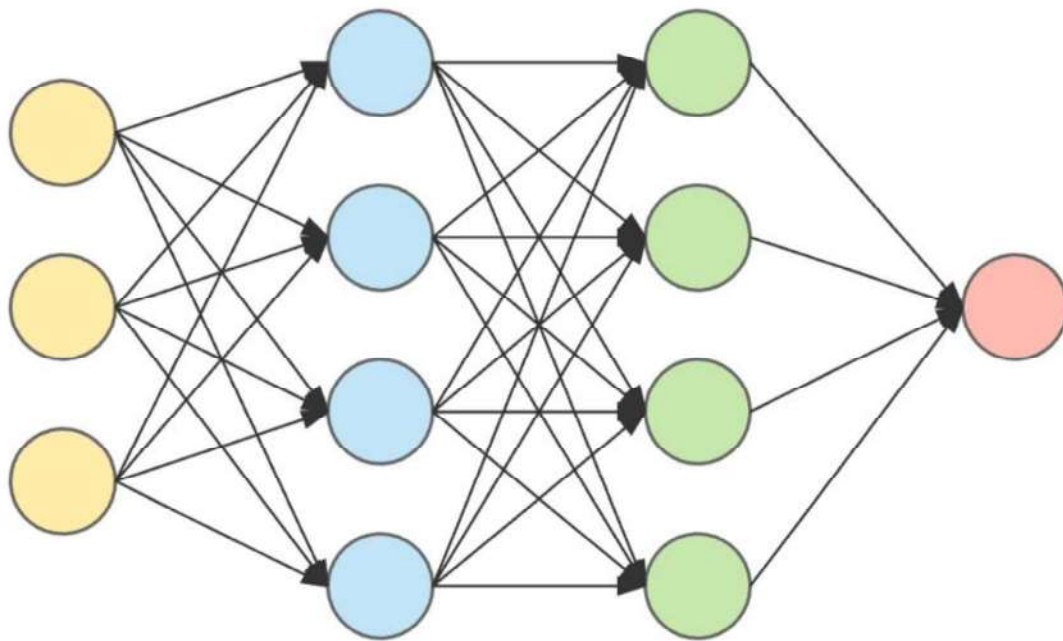
Fonte: Aldebaran-robotics (2018)

²⁸ Cada *hidden layer* pode aplicar qualquer função desejada à camada anterior, geralmente uma transformação linear seguida por um ajuste não-linear. O trabalho de uma *hidden layer* é converter os dados do *input* para algo que possa ser usado pelo *output*. Por fim, o *output* transforma os valores da última camada dos *hidden layers* em algo que seja útil do ponto de vista operacional.

Na primeira camada de uma rede neural se encontra o conceito de *neuron*, exibido na figura 23 como cada um dos inputs em amarelo, é uma célula que contém um número (um valor). Um *neuron* é normalmente apresentado na forma de um *perceptron* ou *neuron Sigmoid* - que serão exemplificados posteriormente. A última camada da rede neural apresenta os valores de saída - A quantidade desses valores de saída (o número de *neurons*) é determinado de acordo com o uso dessa rede. Uma escala de 0 à 9, por exemplo, teria 10 valores de saída. Entre a camada de entrada e de saída, pode-se alocar um número diverso de camadas de processamento, e um número diverso de *neurons* por camada, o que permite um amplo espaço de experimentação. Esse processo é vagamente baseado numa rede neural biológica, em que um grupo de neurônios ao ser ativado ativa um grupo de neurônios adjacentes e desencadeia um processo que repercute ao longo de um caminho neural (NIELSEN, 2015).

Observando a primeira camada, é importante descrever as opções de *neurons* de entrada, dentre elas o *Perceptron* e o *Neuron Sigmoid*. Desenvolvido por Frank Rosenblatt o *Perceptron* é um modelo de ponderação de evidências no processo de tomada de decisões, majoritariamente baseado em princípios biológicos, que permite o conceito de 'aprendizado' da máquina. O *perceptron* recebe um número variado de *inputs* e aplica pesos a cada um dos *inputs*, somando o valor final com um *bias* (viés), produzindo, dessa forma, um resultado final (*output*) - esse valor final então é convertido para 0 ou 1 dependendo do limite inicial estabelecido. O *perceptron* é um modelo binário em que uma mudança ligeira numa ponderação ou no viés pode modificar o *output* completamente, variando de 0 para 1 e vice-versa.

Figura 23 - Concepção gráfica de uma Rede Neural Artificial com uma camada de entrada, duas camadas ocultas e um valor de saída

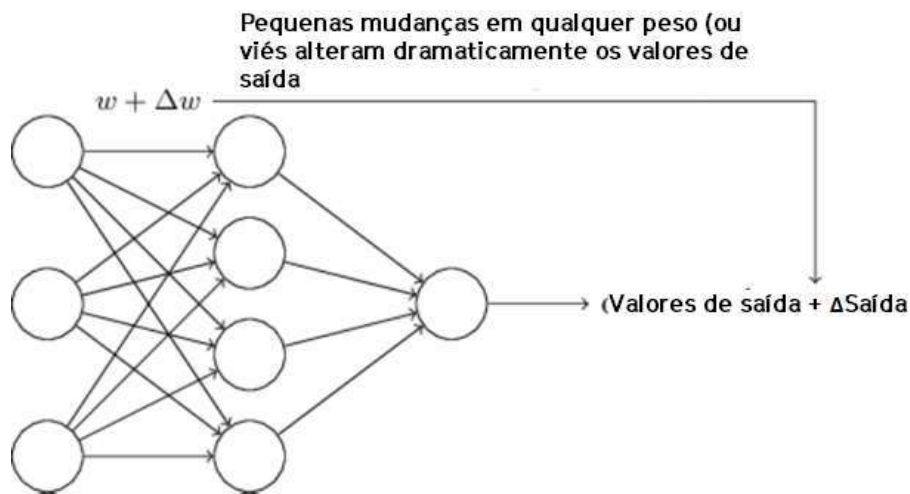


Fonte: Neural Networks and Deep Learning (2015)

O motivo para se ter camadas numa rede neural é tentar quebrar a análise em camadas de abstração passíveis de serem analisadas individualmente. Por exemplo num processo de reconhecimento facial (NIELSEN, 2015) ou reconhecimento da escrita humana se dividir a imagem em arestas que classifiquem retas ou círculos e (NIELSEN, 2015), ou reconhecimento de voz envolve usar áudio bruto que combinado origina sons que formam sílabas, palavras, frases, e transmitem significados, etc.

Idealmente, em um modelo de aprendizado, uma leve mudança na ponderação atribuída a um valor de entrada deve alterar pouco o valor de saída, sendo assim o *sigmoid neuron* é mais adequado para essa aplicação, já que as variações nas ponderações e no viés só alteram o resultado final de maneira respectiva à alteração nesse fatores. Dessa maneira, a Rede Neural consegue ser aprimorada e regulada para apresentar um resultado mais satisfatório

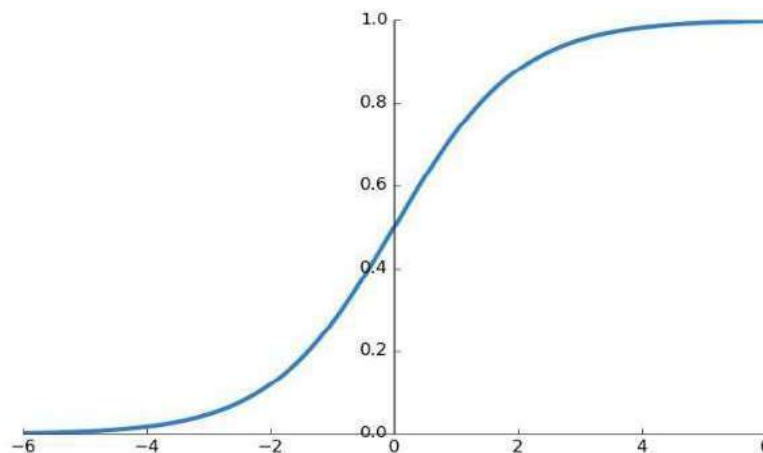
Figura 24 - Esquemática simples de inputs e outputs numa rede neural.



Fonte: Adaptado de Neural Networks and Deep Learning (2015)

O *neuron sigmoid* recebe seu nome da função Sigmoid, que é uma função matemática com o formato em S característico. A função Sigmoid achata os valores de um conjunto de dados em valores entre 0 e 1 de maneira suave. Nas Redes Neurais Artificiais, em diversos casos, se faz necessária a utilização de *neurons sigmoid* para se obter valores de *output* que variam ligeiramente devido à alterações nos *inputs*, devido ao fato que os valores variam suavemente entre 0 e 1 (MORAG *et al.*, 1995). É importante se observar que a escolha das funções de ativação ainda é um tópico bastante debatido, e o uso da função Sigmoid ainda é contestado.

Figura 25 - Representação gráfica da função Sigmoid



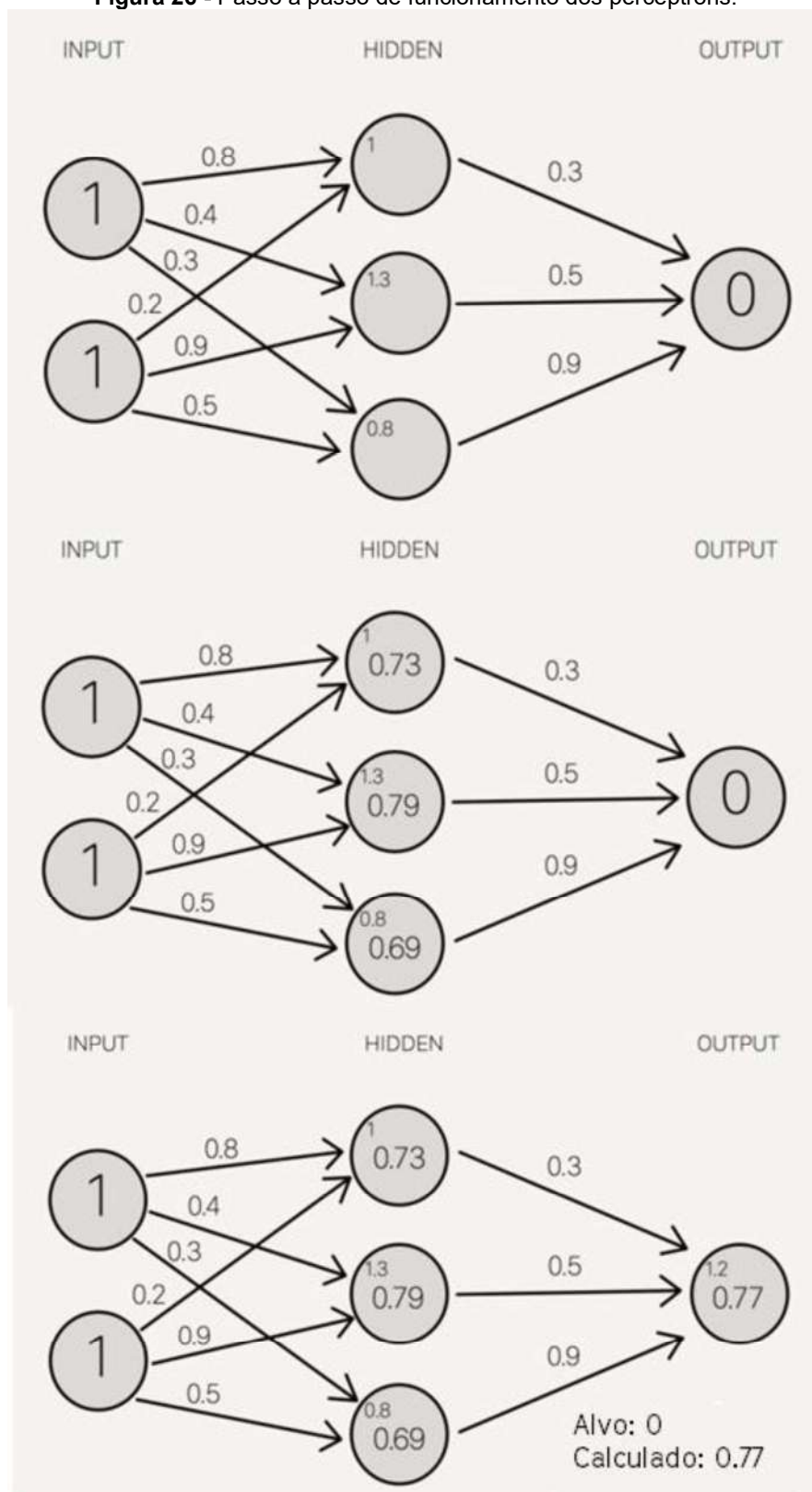
Fonte: Neural Networks and Deep Learning (2015)

Cada conexão entre as camadas possui um peso que é multiplicado no valor de ativação (valor na primeira camada) e somado num único valor. Como pode ser observado na figura 26, no primeiro *neuron* da camada escondida (*hidden*) o valor é encontrado ao se somar as multiplicações $(1 * 0.8)$ e $(1 * 0.2)$ totalizando 1. Esse processo é chamado de *forward propagation* (propagação para frente) e produz um valor qualquer. Para o caso especificado, é necessário se aplicar uma função de ativação (*sigmoid*), citada anteriormente para se comprimir os valores numa extensão entre 0 e 1 (figura 26). Ademais, um viés pode ser adicionado (ou subtraído) à essa soma composta para se enviesar o resultado. O viés se traduz em “quão alto deve ser esse valor até que ele comece a ser substancial no resultado”. Cada *neuron* de cada camada não-inicial passa por esse processo.

Fundamentalmente, o processo de “aprendizado” dessa rede neural se traduz em achar que pesos e vieses devem ser aplicados nos neurons para que o resultado apresente um alto nível de precisão. Um processo inicial totalmente randômico vai produzir um valor distante do resultado correto. Sendo assim, esse processo necessita de um ajuste fino nos pesos aplicados para se corrigir o valor final e validar a eficiência da rede neural.

Para se ajustar o modelo da Rede Neural Artificial o primeiro passo é se quantificar o quão erradas foram as previsões, em seguida, os pesos de cada sinapse devem ser ajustados de maneira a se aproximar o resultado do esperado através de um processo chamado retropropagação (*back propagation*). Semelhante à *forward propagation*, os cálculos para a retropropagação ocorrem em cada camada da rede. O cálculo da mudança incremental para esses pesos acontece em duas etapas: 1. se encontra a margem de erro do resultado na camada de saída (delta de saída) e se extrai a mudança dos pesos ao se multiplicar o delta de saída pelo resultado da camada oculta; 2. ao se obter os pesos ajustados se inicia novamente o processo de *forward propagation*. No processo de treinamento de uma Rede Neural Artificial é comum se repetir esse processo milhares de vezes, em cada iteração, a rede aumenta a sua validade numa aplicação real.

Figura 26 - Passo a passo de funcionamento dos perceptrons.



Fonte: Neural Networks and Deep Learning (2015)

5 EXPERIMENTOS

5.1 EXPERIMENTO 1 – GERAÇÃO DE CAMINHOS MAIS CURTOS POR ALGORITMO COM BACKTRACKING

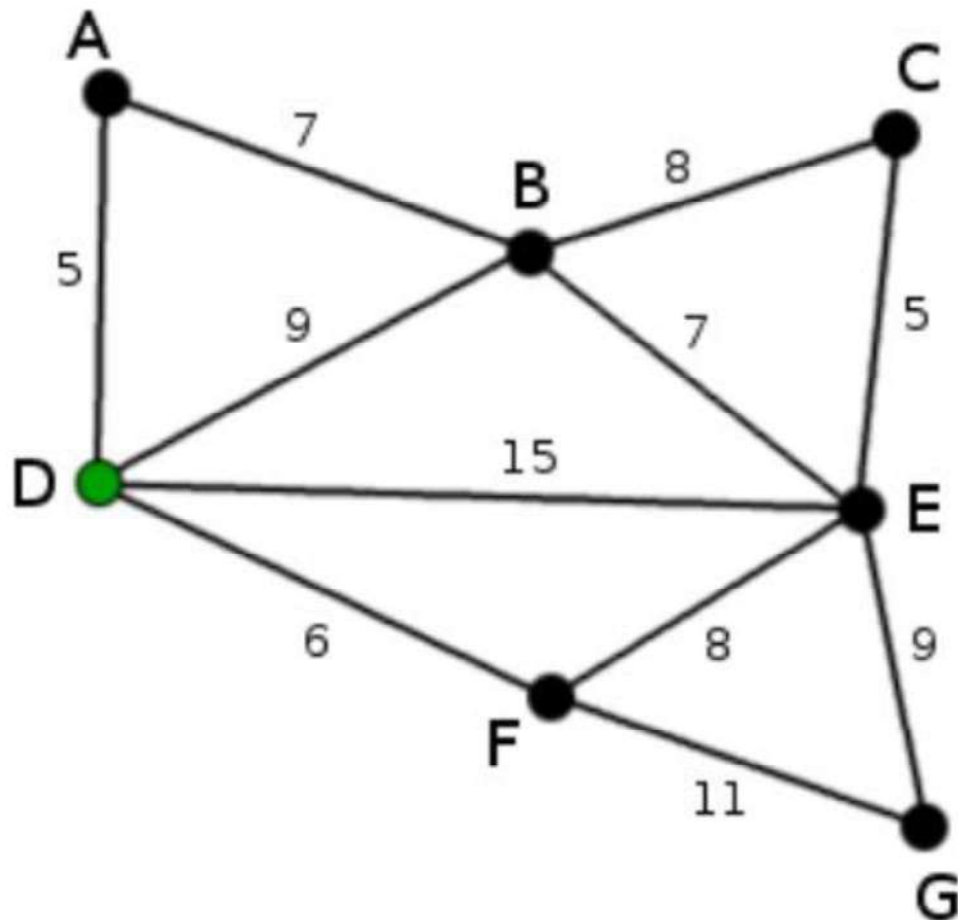
Como observado anteriormente nos capítulos 2 e 3 o modelo simbiótico entre instituições privadas e proprietários de terra rural cria um incentivo financeiro à utilização de terrenos distantes à centralidades urbanas, criando assim *nebulosas* - processo ligado à dispersão urbana (REIS, 2007).

Tal processo de dispersão urbana requer um desenvolvimento de infraestrutura massivo, e como observado nos apêndices de 1 à 4, esses custos são amplamente abordado no processo de tomada de decisões por parte das instituições privadas. O fluxo de trabalho presente nos projetos de habitação de interesse social no Brasil atualmente envolvem um processo de expansão de infraestrutura exibido no capítulo 3. O processo projetual é normalmente feito de maneira empírica e os curtos prazos de aprovação associados à isso causam um cenário de melhoria linear no que diz respeito ao aproveitamento de recursos nos projetos.

O experimento em questão busca sedimentar a noção de que processos automatizados de desenvolvimento de projeto podem ser adotados de maneira simples e efetiva para facilitar o processo de tomada de decisões no processo projetual de desenvolvimento de habitações de interesse social no Brasil.

Para tal, abordou-se o *problema do caminho mínimo* devido à suposição de que o mesmo é análogo ao processo de definição do trajeto de adutoras e emissários - representado em planta-baixa. O *problema do caminho mínimo* consiste na minimização do custo de travessia de um grafo entre dois nós (ou vértices); custo este dado pela soma dos pesos de cada aresta percorrida (PRETZSCH, 2007). Formalmente, dado um conjunto de caminhos *valorados* (ou seja cada caminho possui um *peso*) o menor caminho é aquele com a menor soma, como observado na figura 27. Como observado, cada caminho possui um *peso*, em que a menor soma constitui o menor caminho. Analogamente, nas habitações de interesse social, os pesos estão associados à custos.

Figura 27 - Descrição gráfica do problema do caminho mínimo. Observa-se que cada "linha" contém um peso específico.



Fonte: Shen commonswiki (2011).

Como base de solução para o problema do caminho mínimo, dentre outros algoritmos, deu-se a preferência pelo A* pois ele é comumente utilizado devido ao seu desempenho e precisão (DELLING, 2009). O A* (lê-se A estrela) é a combinação de aproximações heurísticas como do *algoritmo de busca em largura* e da formalidade do *algoritmo de Dijkstra*. Algoritmos para busca do caminho mínimo são aplicados em processos de busca de direções e trajetórias entre dois pontos físicos que precisam ser conectados - esse é o desafio dos projetistas de infraestrutura. Já foi observado que tais algoritmos são viáveis para projetos urbanos (ABRAHAM *et al*, 2010).

Para explorar a aplicação de tal algoritmo num cenário urbano desenvolvemos uma simulação que engloba a geração de obstáculos randômicos num determinado terreno. Utilizou a linguagem de programação *JavaScript* para se criar uma função que gera obstáculos randômicos baseado num percentual do número de células no terreno em questão. Por exemplo: Numa geração randômica de 30% num terreno com 1000 células, 300 células serão consideradas “obstáculos” (mapeadas em preto) e o caminho gerado automaticamente não pode utilizar essas células. Ao se iniciar a função A* o algoritmo testa todas as células vizinhas e mapeia se a mesma é uma célula *disponível* ou *obstáculo* e avança para uma célula *disponível*. Ao se encontrar um *obstáculo* o caminho refaz seus passos e busca o menor caminho encontrado até então. Esse processo é repetido iterativamente até a ultima célula (objetivo final) for encontrado. O menor caminho então é exibido em Azul. Em vermelho estão células que foram testadas mas que possuem um caminho maior do que o menor caminho possível.

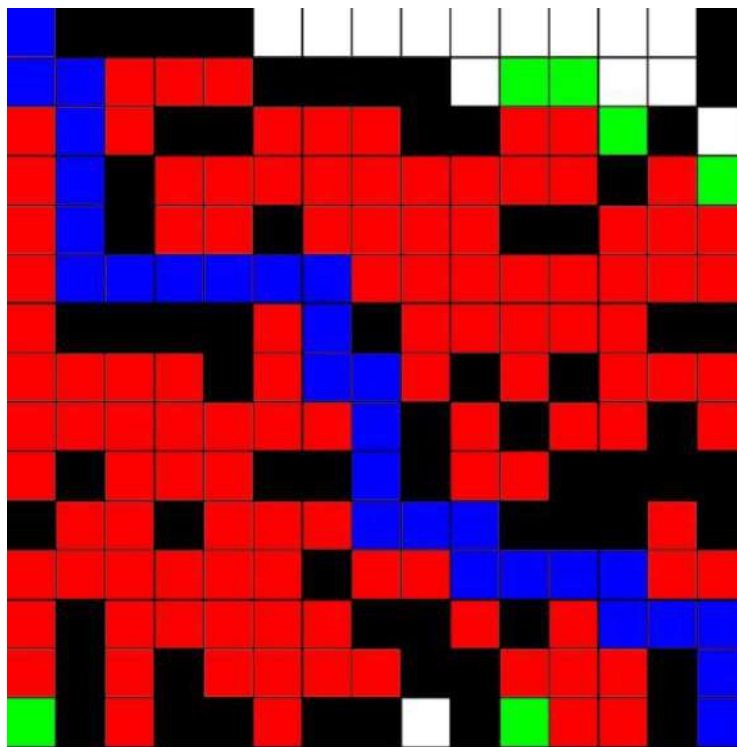
As figuras 28 e 29 são o resultado da análise gráfica de um algoritmo de *busca de caminho mínimo* utilizando o algoritmo A* em uma simulação com 30% de geração de obstáculos randômicos em um *grid* de 15 x 15 células.

As figuras 30 e 31 são o resultado da análise gráfica de um algoritmo de *busca de caminho mínimo* utilizando o algoritmo A* em uma simulação com 40% de geração de obstáculos randômicos em um *grid* de 15 x 15 células.

As figuras 32 e 33 são o resultado da análise gráfica de um algoritmo de *busca de caminho mínimo* utilizando o algoritmo A* em uma simulação com 30% de geração de obstáculos randômicos em um *grid* de 50 x 50 células.

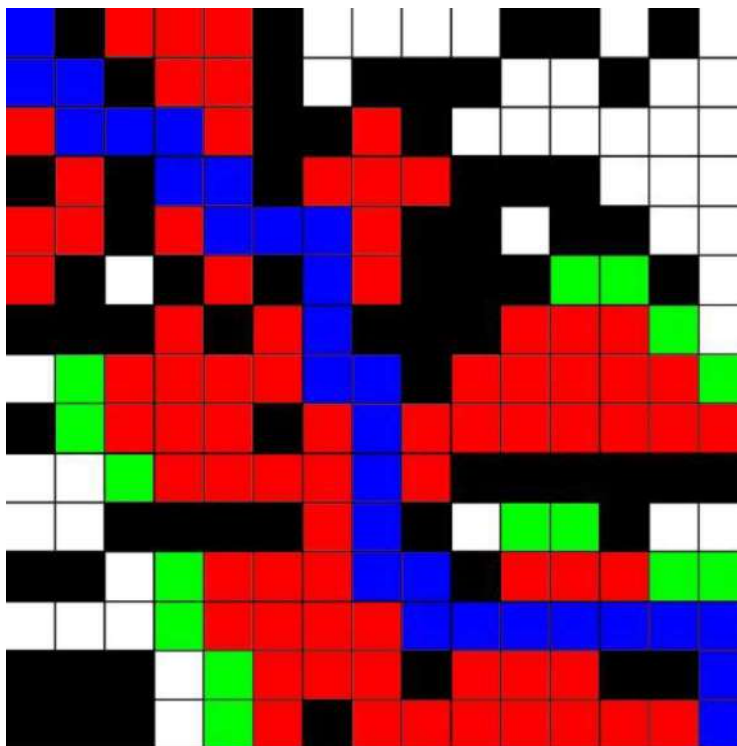
As figuras 34 e 35 são o resultado da análise gráfica de um algoritmo de *busca de caminho mínimo* utilizando o algoritmo A* em uma simulação com 40% de geração de obstáculos randômicos em um *grid* de 50 x 50 células.

Figura 28 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 15 x 15. Iteração 1.



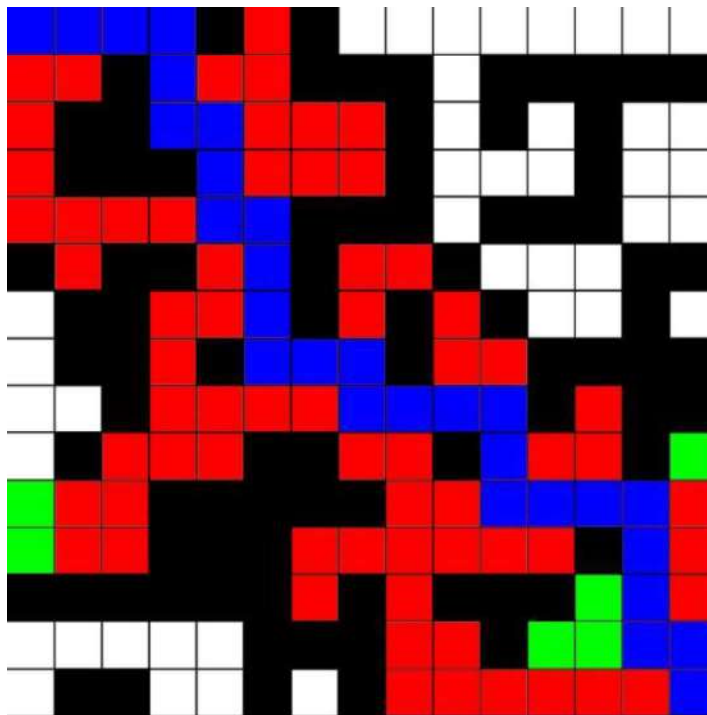
Fonte: Autor (2019)

Figura 29 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 15 x 15. Iteração 2.



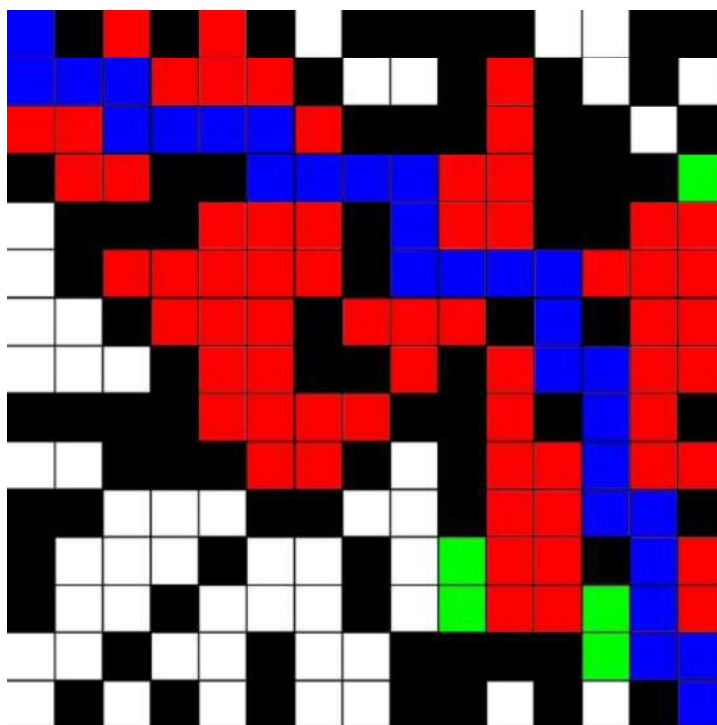
Fonte: Autor (2019)

Figura 30 - 40% de geração de obstáculos randômicos. Grid 15 x 15. Iteração 1



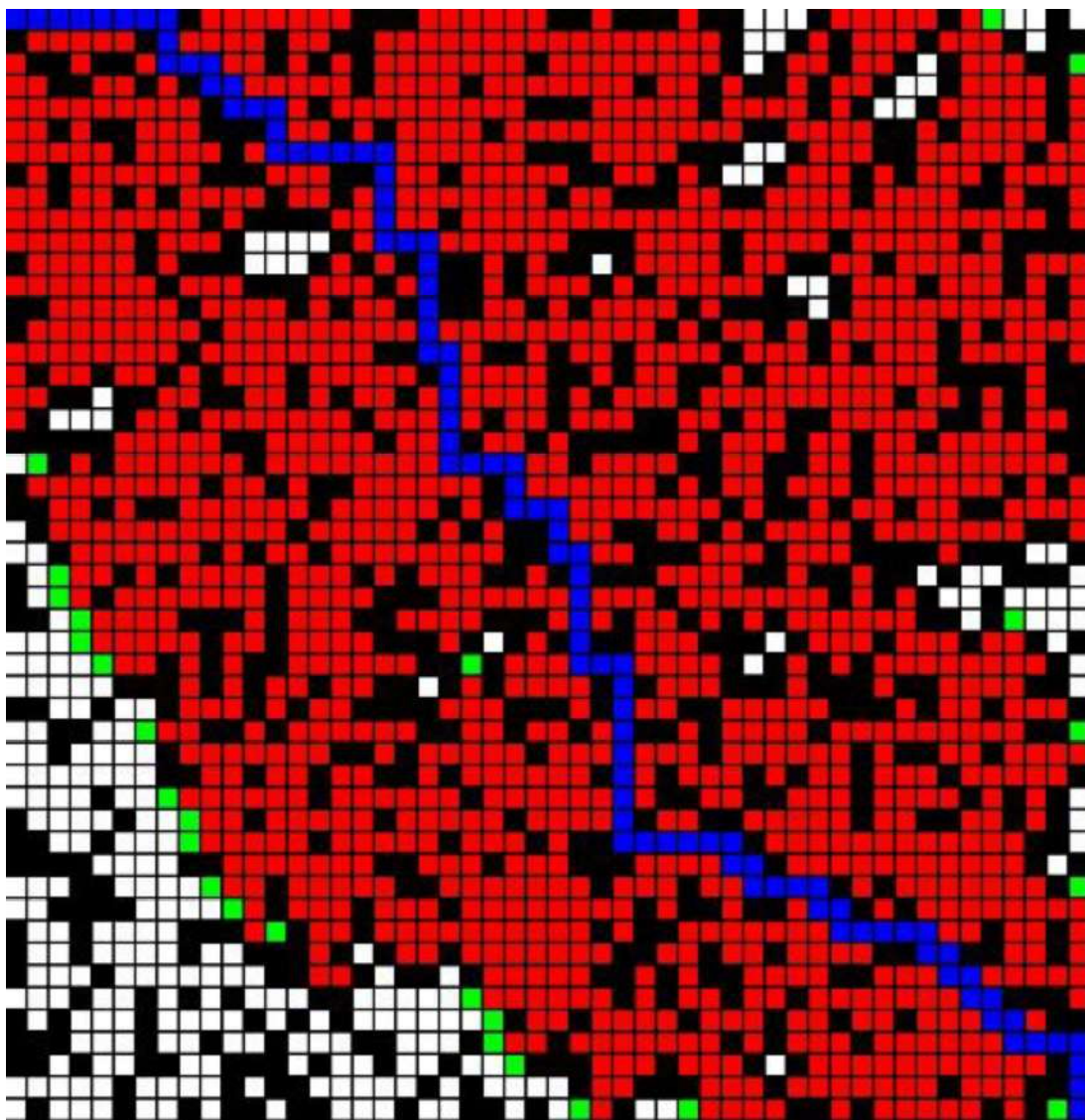
Fonte: Autor (2019)

Figura 31 - 40% de geração de obstáculos randômicos. Grid 15 x 15. Iteração 2



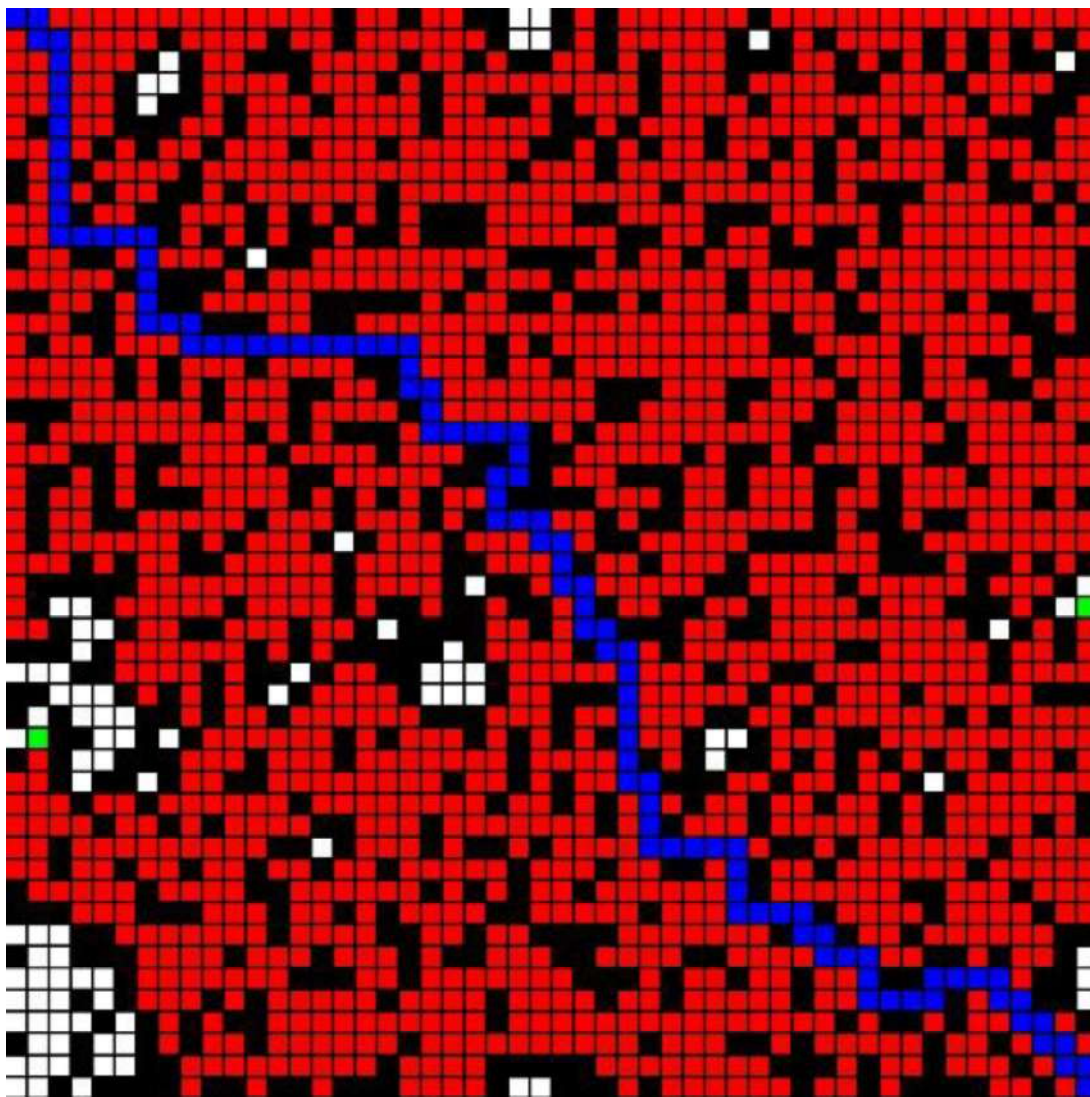
Fonte: Autor (2019)

Figura 32 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 50 x 50. Iteração 1



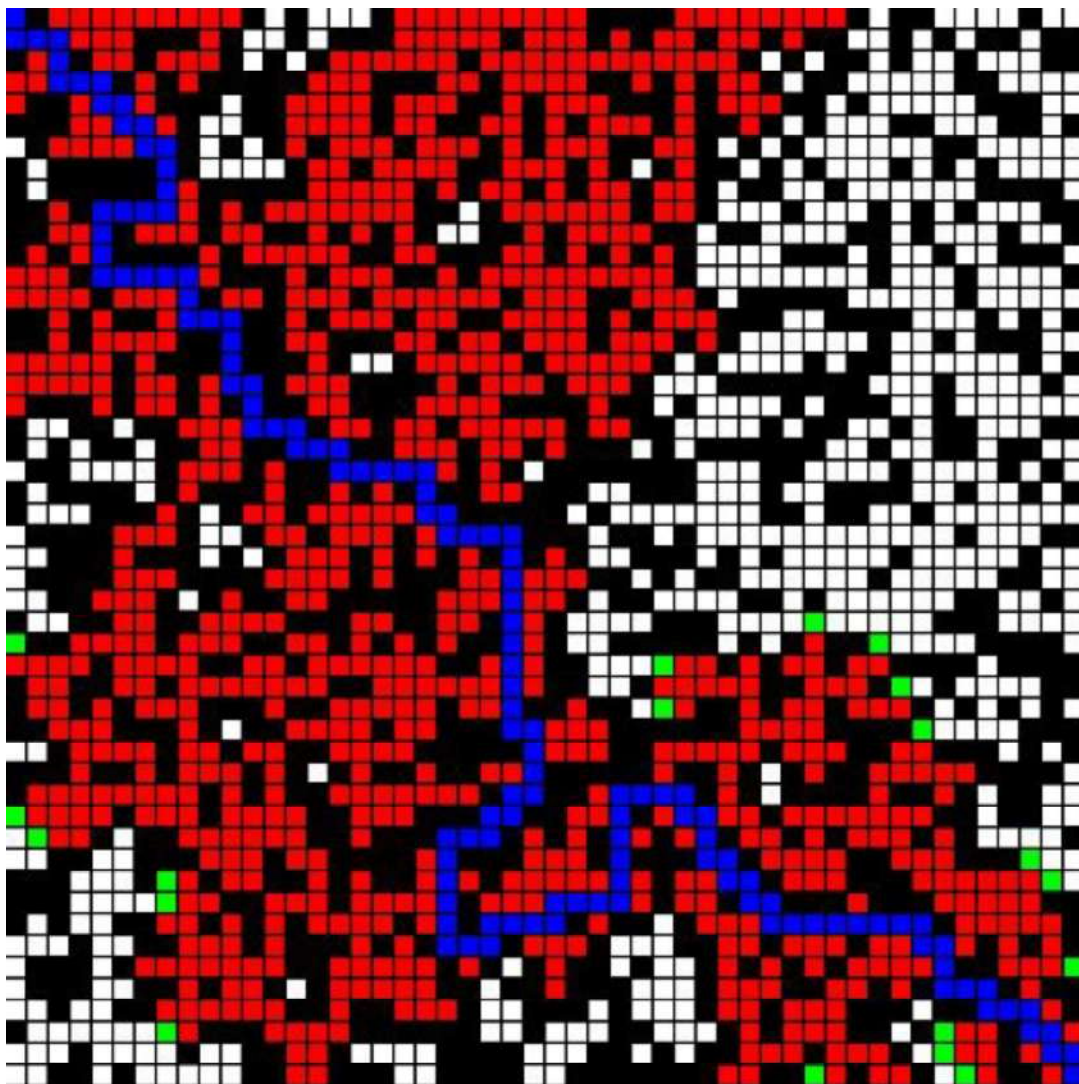
Fonte: Autor (2019)

Figura 33 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 50 x 50. Iteração 2



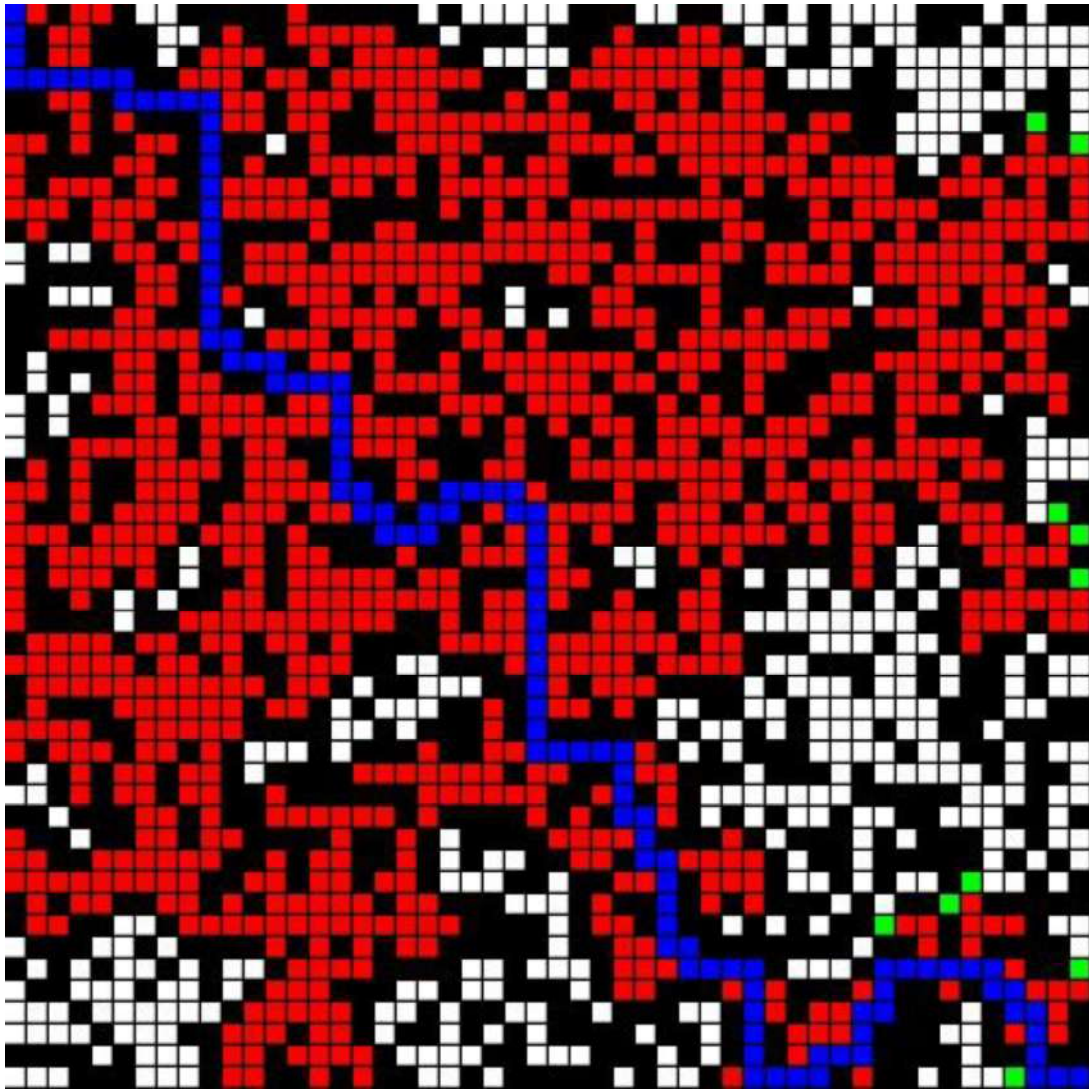
Fonte: Autor (2019)

Figura 34 - 40% de geração de obstáculos randômicos. Grid 50 x 50. Iteração 1



Fonte: Autor (2019)

Figura 35 - 30% de geração de obstáculos randômicos. Grid 50 x 50. Iteração 2



Fonte: Autor (2019)

Tal experimento é fundamental para se entender a possibilidade de se reduzir um sistema complexo à problemas pontuais, como mostrado por Magnanti (1984) e citado no capítulo 3. Num cenário de implementação de um habitacional de interesse social, projetos de saneamento básico, redes elétricas e pavimentação podem ser simplificados e automatizados numa fase de idealização de projeto. Tal simplificação e automatização se dá ao fato de que tais projetos possuem uma característica linear e tem um imenso impacto no custo de implementação de infraestrutura como visto nos apêndice de 1 à 4.

5.2 EXPERIMENTO 2 – O PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE COMO HEURÍSTICA PARA DETERMINAÇÃO DO CAMINHO MÍNIMO ENTRE N PONTOS

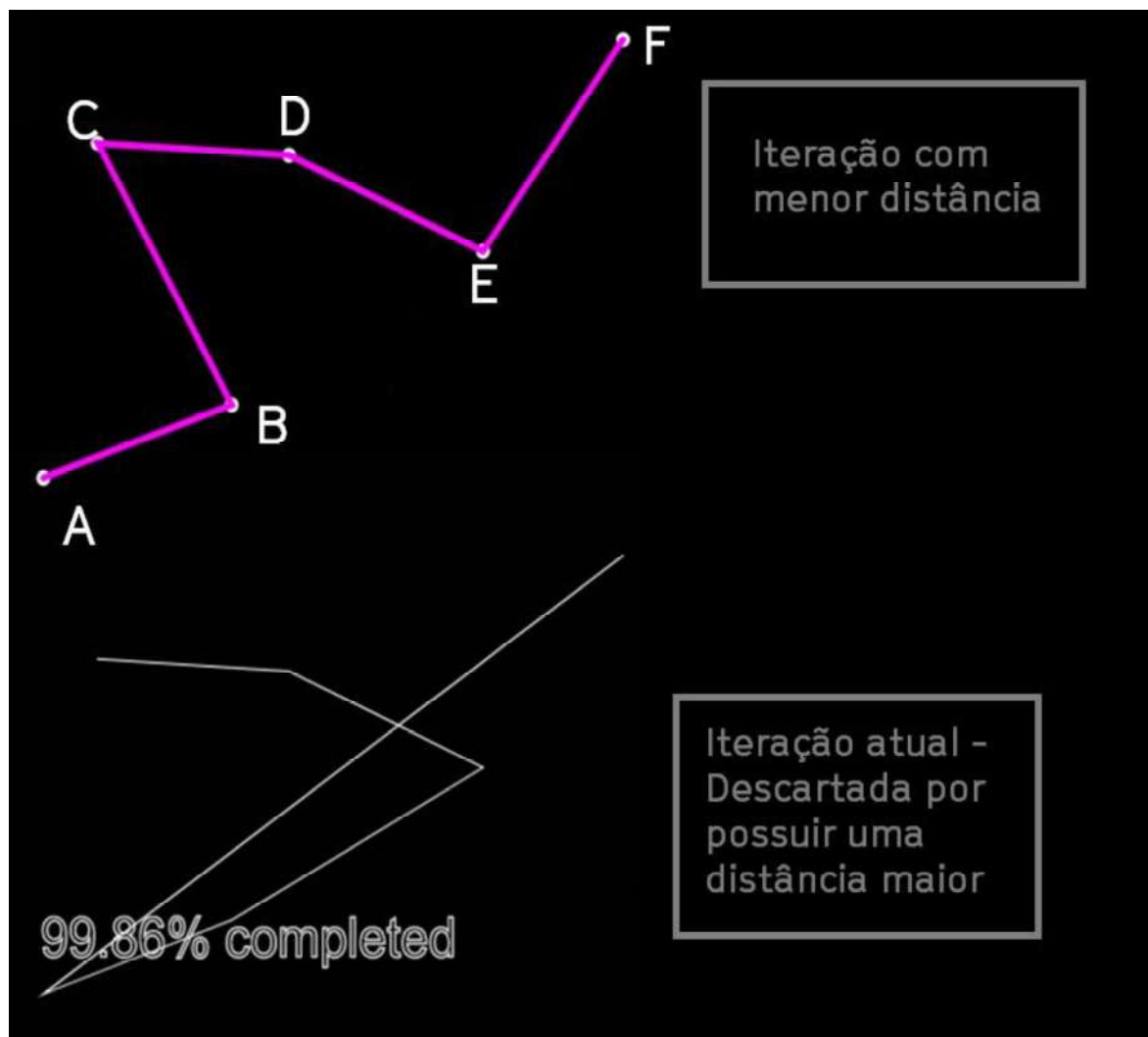
Como observado anteriormente, o processo de desenvolvimento de novos habitacionais de interesse social incentiva o agrupamento de habitacionais de mesma faixa devido à minimização dos custos com infraestrutura - Redes de água, esgoto, pavimentação, etc. Diversos pontos de sangria e coleta de esgoto são conectados em redes pré-existentes. Sendo assim, observa-se um cenário de dezenas de pontos que devem ser interconectados baseados em uma distribuição ótima.

Para analisar esse problema, adotou-se a solução do *Problema do Caixeiro-Viajante*. Tal problema visa determinar a menor rota entre um número N de pontos. A aplicação de soluções para o problema do caixeiro viajante já é extremamente utilizada como exemplificado por Magnanti (1984) e Diaz-Dorado *et al* (2002).

Para se exemplificar a simplificação de um problema complexo e sua resolução baseada na utilização de um algoritmo desenvolvemos uma simulação que gera N pontos num determinado espaço (um terreno) e que possui um ponto de início e um ponto final. Utilizando o algoritmo que soluciona o *problema do caixeiro viajante* e testa todas as possibilidades de caminhos entre eles. O menor caminho é então mapeado e registrado como a menor opção de conexão de todos os pontos entre o ponto inicial e o ponto final.

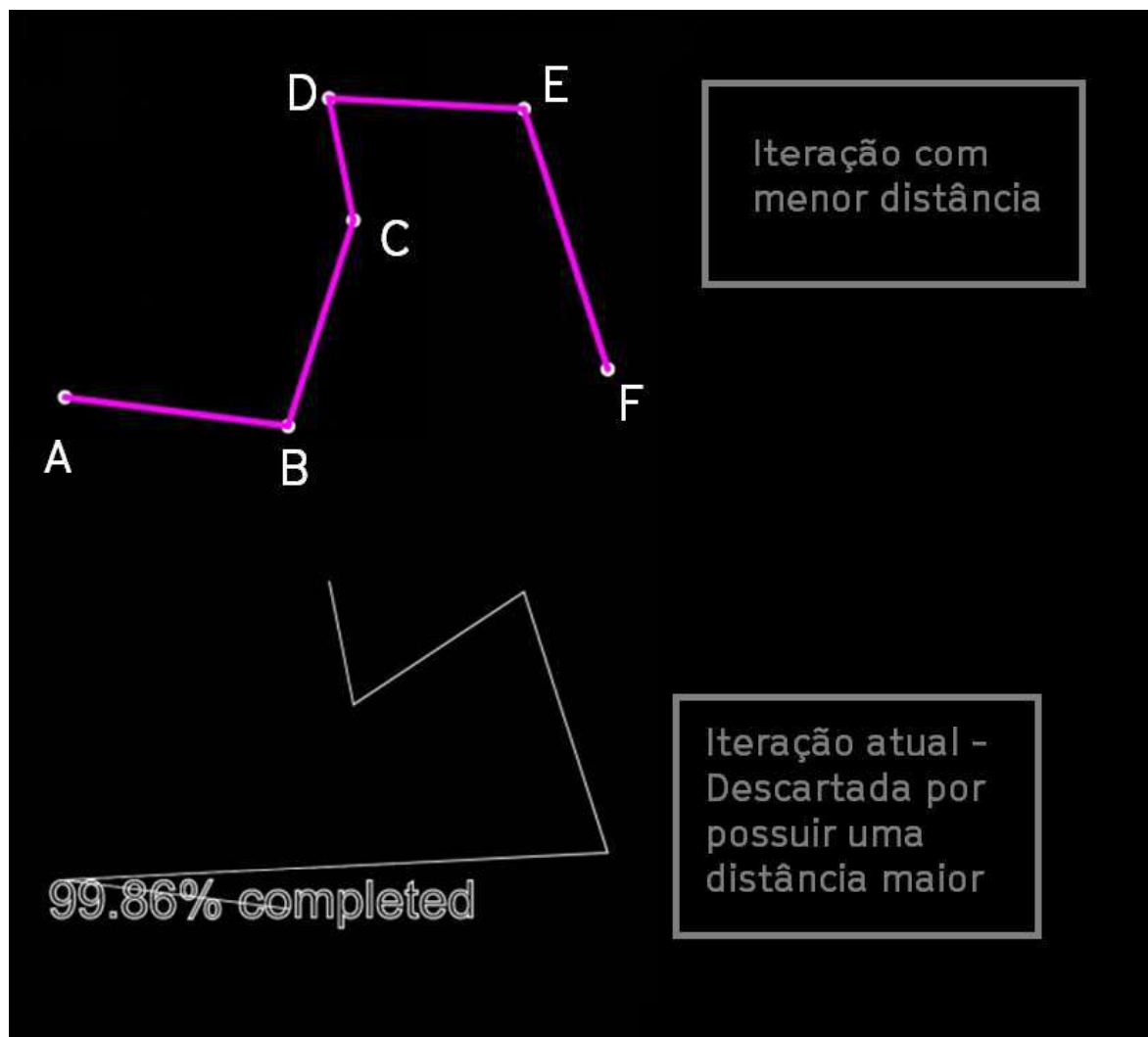
As figuras 36 e 37 demonstram a simulação de um algoritmo que testa todas as possibilidades dentro de um conjunto de caminhos possíveis e resulta no caminho mais curto dentro daquele universo de possibilidades. A aplicação de uma solução projetual dessas é clara e imediata, tendo visto que habitacionais que são construídos em zonas de urbanização periféricas ao limite urbano necessitam de conexões de saneamento básico, energia e redes viárias.

Figura 36 - Simulação de um algoritmo que testa todas as possibilidades dentro de um conjunto de 6 pontos e retorna o menor caminho. Iteração 1.



Fonte: Autor (2019).

Figura 37 - Simulação de um algoritmo que testa todas as possibilidades dentro de um conjunto de 6 pontos e retorna o menor caminho. Iteração 1.



Fonte: Autor (2019)

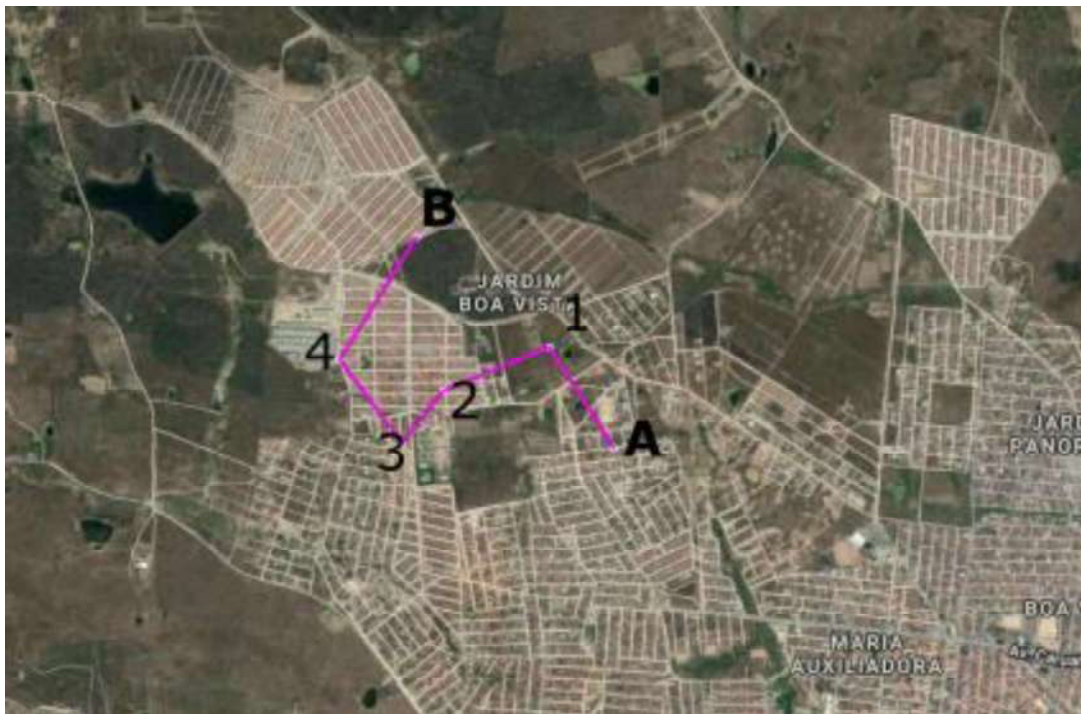
Em ambas as figuras 36 e 37, todas as possíveis combinações de pontos são testadas e comparadas entre si. Em cinza pode-se observar a iteração atual, e em rosa a melhor iteração dentre todas – a que possui a menor soma das retas.

Na figura 38 observa-se a utilização do algoritmo para resolução do problema mínimo numa simulação de um cenário existente em Caruaru/Pernambuco. O ponto A representa um ponto de sangria de uma Adutora de água e o ponto B representa um ponto de reserva e distribuição de água num determinado empreendimento de caráter social. Os pontos 1, 2, 3 e 4 foram adicionados posteriormente como possíveis pontos de sangria em que empreendimentos desenvolvidos posteriormente podem se beneficiar.

Sem a utilização de um algoritmo para a resolução desse problema os cenários são os seguintes:

- 1) Os projetistas tem que testar todas as possibilidades manualmente – o que consome bastante tempo e recursos.
- 2) Os projetistas precisam assumir através de estimativas sobre qual a melhor opção. Essa opção abre espaço para erros e não é possível de ser adotada com um número alto de pontos.

Figura 38 - Representação gráfica a aplicação de um algoritmo para a solução do *problema do caixeiro viajante* incluindo habitacionais de interesse social.



Fonte: Autor (2019)

Como observado por Schultz (2019) a utilização do sistema de *Building Information Modeling* (BIM) vem ganhando espaço no fluxo de trabalho nas empresas de construção civil por ser uma alternativa eficaz na integração de diversos projetos de infraestrutura e por mitigar o tempo requerido de orçamentistas em projeto – de acordo com Sabol (2008) tal tarefa consome até 80% de um orçamentista na construção civil. Ao se utilizar um processo de orçamentação baseado em BIM através de ferramentas como Revit, Navisworks ou Civil3D é possível extrair quantidades dentro da ferramenta e se fazer a associação com itens de montagem, para finalmente se estimar um cálculo de orçamento baseado em preços de fornecedores e banco de dados de custo, como tabelas da Caixa Econômica Federal.

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) é um novo paradigma para o projeto e desenvolvimento de empreendimentos imobiliários. É um processo de projeto baseado em modelos paramétricos (com informação associada ao modelo tridimensional) que permite a integração de diversos sistemas, como estrutural, sanitário, etc. Tal abordagem permite uma maior facilidade na revisão de conflitos, extração de quantitativos, atividades de produção, acompanhamento de obras, dentre outros (EASTMAN *et al.*, 2011).

Atualmente, há diversos estudos que visam integrar os dados parametrizados de um modelo BIM numa aplicação SIG (LAAT, 2010). SIG, ou Sistema de Informação Geográfica, é um sistema digital que permite capturar, manipular, analisar e gerenciar dados geográficos. Consultas interativas (operadas pelo usuário) são feitas de maneira dinâmica em superposição à um modelo tridimensional (MALIENE, 2011). Ao se utilizar esse sistema, dados importantes como localização de redes de água, estações de tratamento de esgoto e infraestrutura pública podem ser representadas de maneira paramétrica em mapas.

A capacidade da utilização de informações pontuais de maneira sistêmica em um projeto urbano já foi comprovada (ALMEIDA, 2015). À medida que uma maior integração entre BIM (*Building Information Modeling*) (na escala do edifício) e projetos que utilizam GIS para geração de modelos de pré-projeto (na escala urbana) é atingida, a utilização de algoritmos generativos para o desenvolvimento de infraestrutura urbana se faz extremamente beneficiária, porém, a necessidade de um cuidado com a semântica dos projetos é crucial para que os sistemas de informações sejam integrados com o desenho de projeto.

É fundamental se considerar uma classificação de abstração no desenvolvimento de projetos em BIM que respeite a semântica necessária para a aplicação de tais ferramentas propostas. Succar (2009) menciona uma matriz de classificação para os projetos BIM em 4 níveis de abstração que vão desde metamodelagem (no primeiro e mais simples nível), até o nível de comportamento e atributos dentro de um modelo (maior nível de complexidade). Tal classificação de “maturidade” em um modelo BIM permite se considerar a aplicação de tais soluções como as citadas nesse trabalho – um nível mínimo de “maturidade” de modelo, em termos semânticos, é necessário.

Sendo assim, é fundamental um processo de pré-tratamento dos dados iniciais para que os mesmos sejam utilizados de maneira linear e que os algoritmos possam ser aplicados de maneira correta. Como no exemplo do algoritmo de menor distância utilizando *backtracking* ou um algoritmo que resolva o *problema do caixeiro viajante*, um projeto de desenvolvimento urbano que necessita da implementação de redes de saneamento básico, como água e esgoto, redes viárias, ou até mesmo obras de pavimentação pode se beneficiar de tal aplicação.

Entre 2013 e 2014, durante o curso de Planejamento e Desenvolvimento urbano no *Institute for Housing and Urban Studies* em Rotterdam/Holanda experimentou-se diversas simulações de desenvolvimento urbano utilizando-se imagens de satélite. As simulações foram criadas para cenários existentes no Brasil, Holanda e Kênya. O propósito de tais experimentos era analisar quais custos incidentes teriam o maior impacto num processo preliminar de desenvolvimento urbano. Tal processo tem um caráter amplamente exclusivo, já que ao se utilizar tais simulações é possível excluir locais com custos de infraestrutura exorbitantes. Devido à baixa fidelidade das imagens de satélite, tais simulações não tem utilidade para projetos finais, mas são um ponto inicial no processo de discussão e tomada de decisões.

O projeto apresentado a seguir foi desenvolvido pelo autor, em colaboração com o *IHS (Institute for Housing and Urban Development Studies)* em Rotterdam/Países Baixos. Esse trabalho foi desenvolvido como uma proposta de reurbanização de um campo de golf (*Royal Nairobi Golf Club*), que durante o período em que o projeto foi elaborado, pertencia ao governo Kenyano. O projeto deveria ser avaliado e aprovado por um número de partes interessadas, e a utilização de um

modelo dinâmico foi crucial para o processo de tomada de decisões. Tal dinamismo foi atingido por se utilizar um modelo tridimensional paramétrico.

Utilizou-se um *plugin* (Elk) no Rhinoceros²⁹ para se mapear o entorno viário de um lote urbano que seria convertido em habitacionais em Nairobi/Kenya (figura 39). Com tal mapeamento, respeitando-se a semântica da informação, a utilização de tais algoritmos pode vir a facilitar o processo de tomada de decisões com relação à custos de infraestrutura básica. Na figura 41 pode-se observar o desenvolvimento de um projeto habitacional em 9 fases construtivas.

Figura 39 - Exemplo de mapeamento de área viária no entorno de área para desenvolvimento de habitação de interesse social



Fonte: MENDONÇA (2014)

Como observado na figuras 40 e 41, o projeto de desenvolvimento urbano foi gerado utilizando o software StrateGIS em que diferentes elementos urbanos possuem uma característica de informação que o categoriza. Ruas são classificadas como ruas, passeios públicos, lotes, etc. Posteriormente, custos por unidade de produção são associados a tais elementos e um relatório de pré-projeto pode ser gerado para se permitir que o processo de tomada de decisões seja mais preciso com relação à custos.

²⁹ Rhinoceros é um software de modelagem tridimensional. O plugin Elk é um conjunto de ferramentas para gerar superfícies topográficas e de mapas usando dados de código aberto do OpenStreetMap.org e USGS.

Figura 40 - Terreno para desenvolvimento urbano em Nairobi, Kenya.



Fonte: MENDONÇA (2014)

Figura 41 - Terreno apresentado anteriormente, com sobreposição de informações paramétricas.

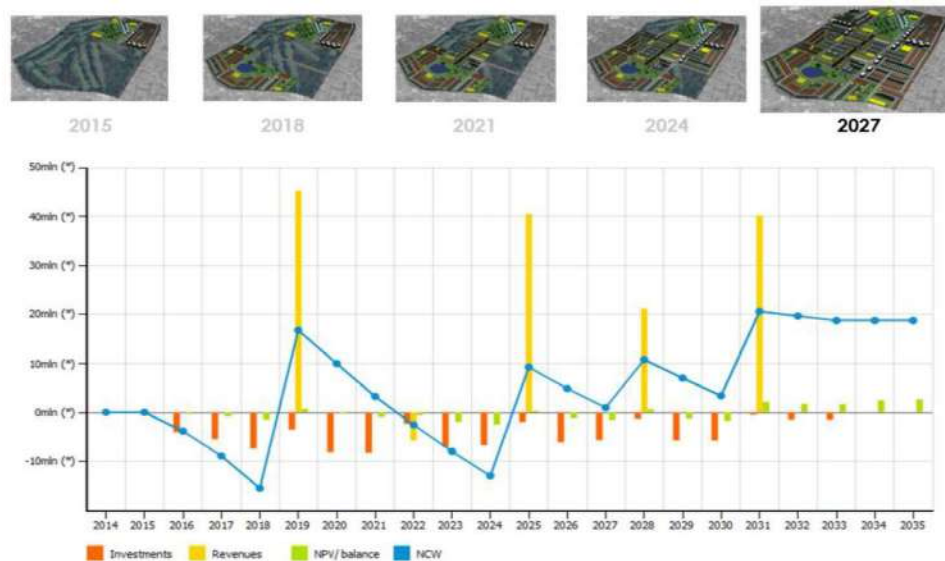


Fonte: MENDONÇA (2014)

Na figura 42 pode-se observar um relatório cronológico com base nas informações paramétricas associadas ao modelo tridimensional gerados de maneira dinâmica, com base nos elementos que foram alocados em superposição à imagem do Google Earth. Tal aplicação é crucial numa fase de elaboração de pré-projeto e de

discussão num conselho de *stakeholders* de um projeto urbano. Um pré-projeto desenvolvido dessa maneira não tem acurácia para ser executado em campo, no entanto apresenta detalhes financeiros suficientes para se passar por um processo de escrutinização em órgãos públicos e por analistas de empresas privadas.

Figura 42 - Exemplo de relatório de custos que pode ser gerado baseado em um modelo paramétrico.



Fonte: MENDONÇA (2014)

A associação de algoritmos generativos com modelos de pré-projeto baseados em GIS, elimina a necessidade de testes manuais e providencia soluções de menor distância para desafios de projetos que podem ser simplificados em maneira linear. Tal aplicação pode remover a sobrecarga de analistas de empresas privadas e órgãos governamentais e permitir que mais dedicação seja dada à detalhes de projeto que podem vir, à efetivamente, melhorar a qualidade de vida dos futuros moradores.

Com a utilização efetiva de um modelo georreferenciado para um processo dinâmico de tomada de decisões no projeto desenvolvido para o *Royal Nairobi Golf Club*, observa-se a possibilidade da utilização de modelos paramétricos num processo de tomada de decisões, de viabilidade de implementação de empreendimentos. Tal processo de otimização permite que o projeto final seja reiterado de maneira à se atingir um resultado final que apresenta um grau de otimização mais elevado – consequentemente custos mais baixos.

Como observado, as simulações geradas para o projeto no Kenya, a utilização de simulações paramétricas superpostas com imagens de satélite tem um impacto positivo no processo preliminar de tomada de decisões. Principalmente no caráter de exclusão. Para o processo preliminar de tomada de decisões e escolha de terrenos com potencial construtivo, é importante se abordar o problema de maneira efetiva com relação à custos, já que os custos para prospecção podem ser altíssimos. Dito isso, ao se avançar para um processo posterior de projeto, como ante-projeto e projeto final, é fundamental se considerar a semântica dos objetos modelados em 3D para que eles respeitem suas características paramétricas.

Tal estudo foi de fundamental importância na análise do processo de desenvolvimento de projetos que possuem uma diretriz focada na utilização de processos paramétricos. Desde o início, as informações de aquisição do terreno foram georreferenciadas. Consequentemente, o processo de tomada de decisões foi muito mais eficaz.

6 CONCLUSÕES

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de urbanização em massa no Brasil não é inédito e repete padrões que foram bem documentados ao longo da história. Como observado nos capítulos 2 e 3 o processo de espraiamento e fragmentação urbana obedece padrões claros e que podem ser mapeados. O banco de dados relativo à custos de implementação de infraestrutura e aquisições de terreno é vasto e pode ser utilizado como referência para o processos de tomada de decisões que, efetivamente, são cruciais para se evitar o fenômeno do espraiamento urbano.

O processo projetual e de planejamento de infraestrutura atual carece de investimento em tecnologia. Investimento tal que seria rapidamente recuperado devido à magnitude dos projetos de habitação no cenário atual brasileiro. Um *framework* de colaboração entre órgãos públicos e incorporadoras privadas é efetivo e apresenta um potencial de melhoria na qualidade de vida à longo prazo para os futuros habitantes dos conjuntos habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida. Tal melhoria na qualidade de vida pode ser alcançada ao se mitigar o fenômeno do espraiamento urbano e incentivar o desenvolvimento de habitacionais mais próximos do perímetro urbano. Como observado no capítulo 3 e nos apêndices de 1 à 4, os custos com infraestrutura básica para um projeto de urbanização de interesse social obedecem uma característica linear e que pode ser reduzida à problemas pontuais. A redução desses sistemas complexos à problemas pontuais permite a utilização de algoritmos já bem documentados para sua resolução. Tal resolução já foi comprovada por estudos anteriores e sua aplicação é possível e tem a possibilidade de trazer uma drástica redução de custo à implementação dos habitacionais. Ao se reduzir tais custos e ao se simplificar o processo de projeto de infraestrutura, permite-se ampliar a discussão sobre a alocação de tais habitacionais e espera-se que o fenômeno da fragmentação seja – ao menos em parte – mitigado.

Com a utilização de algoritmos de aprendizado de máquina, o processo de tomada de decisões no planejamento de projetos do Minha Casa Minha Vida otimiza a alocação de recursos e permite a discussão para o desenvolvimento de habitações mais humanizadas.

O setor público tem como fundamental papel o de regular e centralizar a acumulação de dados respectivos ao desenvolvimento de infraestrutura básica por parte das empresas privadas e utilizar essa informação de maneira estruturada para regular a implementação de novos habitacionais. Devido ao grande volume e complexidade dos dados, um framework de Aprendizado de Máquina pode se tornar uma ferramenta útil e facilitadora. O sistema simbiótico de produção urbana através de parcerias público-privadas permite a utilização de dispositivos de compromisso público para que projetos de caráter privado venham à atender um mínimo de qualidade habitacional – tal qualidade que pode ser mensurada, mapeada e replicada devido à escala dos projetos de habitação social no Brasil.

Como discutido no final do capítulo 5, é fundamental observar a necessidade semântica no desenvolvimento de projeto e se entender em quais fases de projeto tal processo pode ser aplicado. Finalmente, acredita-se que a utilização dos algoritmos especificados no capítulo 5, como o algoritmo de busca A* para resolução do caminho mínimo, ou o algoritmo para resolução do problema do caixeiro-viajante, num cenário de pré-projeto que possua informações paramétricas associadas à um modelo tri-dimensional, pode vir à remover a sobrecarga de analistas de validação de projetos por parte dos órgãos públicos e de analistas de projetos de infraestrutura urbana de empresas privadas. Sendo assim, espera-se que mais tempo em pré-projeto seja dedicado ao desenvolvimento de soluções de projeto de habitação urbana que venham à garantir uma melhor qualidade de vida aos seus futuros habitantes.

O processo projetual incorpora diversas fases que requerem diferentes soluções. Para as fases anteriores ao pré-projeto, como prospecção, velocidade é fundamental. Ao se considerar diversos terrenos para uma escolha preliminar, as construtoras envolvidas no desenvolvimento de conjuntos habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida operam em uma mentalidade de se aproveitar o atual financiamento governamental, sendo assim, o incentivo externo para a otimização do processo de decisão existe. Dessa forma, conclui-se que uma equipe de projeto que trabalhe com um modelo de terreno paramétrico, com alto nível de maturidade semântica, pode efetivamente aplicar algoritmos de otimização para pré-projeto de redes de infraestrutura básica. Tal estrutura de projeto pode reduzir drasticamente custos com prospecção e análise preliminar de aquisição de terrenos para habitacionais de interesse social

6.2 PESQUISAS FUTURAS

6.2.1 Utilização de algoritmos de caminho mínimo com pesos atribuídos baseados em propriedades específicas de projeto

Como observado no capítulo 4 e no experimento 1, é possível o desenvolvimento de uma rede projetual que se considere *pesos*. Tais pesos podem ser interpretados como inclinações (numa rede viária e de saneamento) e perda energética (numa rede elétrica).

Uma futura pesquisa pode analisar estudos de caso em que se comparam projetos existentes e projetos desenvolvidos utilizando algoritmos para resolução de problemas de caminho simples. Tal comparação pode levantar um valor que estimule o setor privado à adotar melhores práticas de projeto.

6.2.2 Treinamento de uma rede neural artificial para determinação de viabilidade de empreendimentos urbanos

Determinados fatores iniciais podem ser mapeados e analisados se utilizando uma Rede Neural Artificial para se estabelecer a sua viabilidade. Fatores levantados nessa pesquisa como: Distância do centro urbano; Custo com infraestrutura; Custo de terreno; dentre outros podem ser mapeados em uma rede de entrada e após o devido treinamento se criar uma análise sistêmica que pode determinar a viabilidade de um loteamento específico sem a necessidade de projetos base. Tendo tais requerimentos atingidos, o próximo passo é se mapear a transição entre a fase de prospecção e a fase de pré-projeto. Na fase de prospecção as imagens de satélite não possuem uma característica semântica, ou seja, as imagens não tem informação associada à seu modelo 3D. O projeto possui uma baixa maturidade de modelo BIM, o que é necessário devido ao baixo investimento que uma empresa deve fazer nessa fase.

Sendo assim, o próximo passo de pesquisa será efetuado num modelo urbano que possua um nível de maturidade BIM adequado em relação à semântica. Dessa forma, pode-ser avaliar a eficácia e efetividade da aplicação de tais algoritmos numa fase de pré-projeto, em que os elementos urbano de infraestrutura básica devem ser de fatos estipulados no espaço construído.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, I. **Highway Dimension, Shortest Paths, and Provably Efficient Algorithms**. Microsoft Research Silicon Valley, 2010.
- ABRAMO, P. **A regulação urbana e o regime urbano: a estrutura urbana, sua reprodutibilidade e o capital**. Porto Alegre: FEE, 1995.
- AGLIETTA, M. **Regulation et crise du capitalisme**. Paris. 1976
- ALEXANDER, C. **A Pattern Language**. Oxford University Press 1977
- ALMEIDA, F. **A INTEGRAÇÃO ENTRE BIM E GIS COMO FERRAMENTA DE GESTÃO URBANA** 2015. BECCALI, M. **Forecasting daily urban electric load profiles using artificial neural networks**. Energy Conversion and Management vol. 45. 2004.
- BEIRÃO, J. N.; DUARTE, J. P.; STOUFFS, R. **Creating Specific Grammars with Generic Grammars: Towards Flexible Urban Design**. In: Nexus 2010: Relationships Between Architecture and Mathematics, Porto. Proceedings of Nexus 2010. Porto: Universidade do Porto, 2010. p. 13-15
- BELLMAN, R. **A Markovian decision process**. Journal of Mathematics and Mechanics, 1957
- BENTLEY, J. L. **Multidimensional Binary Search Trees Used for Associative Searching**. 1975
- BERTSEKAS, D. **Dynamic Programming and Optimal Control**. 2011.
- BONDUKI, N. **Origens da Habitação Social no Brasil**. São Paulo: Estação Liberdade, 1998
- BOTELHO, A. **Capital volátil, cidade dispersa, espaço segregado: algumas notas sobre a dinâmica do urbano contemporâneo**. Cadernos Metrópole. São Paulo, v. 14, n. 28, pp. 297-315. 2012
- BOYER, R. **La theorie de la regulation: une analyse critique**. Paris: La Découverte. 1986.

CASTELLS, M. **La question urbaine**. Paris. 1972

CHEKOWAY, B. **Large builders, federal housing programmes, and postwar suburbanization**. 1980

DANIELS, G.S., **Anthropometry of flying personnel**. 1950

DAVID, C. **Finding a “not-shortest” path between two vertices**. 2003. Disponível em: <<https://mathematica.stackexchange.com/questions/4084/finding-a-not-shortest-path-between-two-vertices/4105#4105>>. Acesso em: Dec. 2019.

DAVIS, S. **Future perfect**. Reed Business Information, 1987

DIAZ-DORADO, E.; PIDRE, J.C.; GARCIA, E.M., **Planning of large rural low-voltage networks using evolution strategies** 2002

DUARTE, J. P., **Customizing mass housing: a discursive grammar for Siza’s Malagueira houses**. CUMINCAD. 2001

DUARTE, J. P., **Personalizar a habitação em série: Uma Gramática Discursiva para as Casas da Malagueira do Siza**. Ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2007

DUARTE, J.P.; BEIRÃO, J.N. **Towards a methodology for flexible urban design: designing with urban patterns and shape grammars**, in **Environment and Planning B: planning and design**, 2010.

DUARTE, J. P., **Towards the mass customization of housing: the grammar of Siza's houses at Malagueira**. *Environment and planning B: Planning and Design* 32. 2005

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P; SACKS, R; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2nd ed. John Wiley & Sons. New Jersey, 2011.

FITTON, D. **Machine learning in the housing sector**. 2018. Disponível em: <<http://www.musgraveanalytics.com/blog/2018/4/11/machine-learning-in-the-housing-sector>>. Acesso em: 01 Nov 2018.

FRUCTUÓS, M. **Alternativas a la construcción convencional de viviendas**, 2002.

GELFAND, M., **Cities, Suburbs and Government Policy**. In Robert H. Bremner and Gary W. Reichard, eds., *Reshaping America: Society and Institutions, 1945–1960* (Columbus, Oh., 1982), 112–38.

GROAT, L., **Architectural Research Methods**, 2013

HART, C. **Made to Order**. 1996

HARVEY, D. “**Desenvolvimentos geográficos desiguais e direitos universais**”. In: HARVEY, D. *Espaços da Esperança*. São Paulo: Loyola, 2004.

HEHL, R. **Minha casa nossa cidade**. Ruby Press, 2014

HONDA, H. **Os três tipos de aprendizado de máquina**. 2017. Disponível em: <<https://lamfo-unb.github.io/2017/07/27/tres-tipos-am/>>. Acesso em: 05 Dec 2018.

JARAMILLO, S. **Hacia una teoría de la Renta del Uso del Suelo Urbano**. Ediciones Uniandes. Bogotá, 1994

JACKSON, K. T., **Crabgrass Frontier: The Suburbanization of the United States**. 1987

KNECHT, K. **Generating Floor Plan Layouts with K-d Trees and Evolutionary Algorithms**. 2010.

LEFEBVRE, H. **La production de l'espace**. 4ème ed. Paris: Anthropos, 2000.

LOJKINE, J. **Marxisme, l'etat et la question urbaine**. Cahiers de géographie du Québec. 1977

MAGNANTI, T. L.; WONG, R. T. **Network Design and Transportation Planning: Models and Algorithms**. *Transportation Science* 18(1):1-55, (1984). <https://doi.org/10.1287/trsc.18.1.1>. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4117581/mod_resource/content/1/Magnanti%20Network%20Design%20and%20Transportation%20Planning.pdf. Acesso: 04/07/2019.

MARTINO, J.A. **ALGORITMOS EVOLUTIVOS COMO MÉTODO PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ARQUITETURA**. Universidade Estadual de Campinas. 2015

MENDONCA, B. **StrateGIS application on urban development framework**. 2014 37 slides. Material apresentado como projeto de conclusão de curso do Diploma de Desenvolvimento Urbano na Erasmus Universiteit Rotterdam.

PFINGSTEN, J. **Machine Learning for Mass Production and Industrial Engineering**. 2007

PIJANOWSKI, B. **Using neural networks and GIS to forecast land use changes: A Land Transformation Model**. Computers Environment and Urban Systems vol. 26. 2002

ROLNIK, R. **O Programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação**. Cad. Metrop. vol.17 no.33 São Paulo. 2015

ROLNIK, R. **O programa Minha Casa, Minha Vida está avançando, mas apresenta alguns problemas**. Blog da Raquel Rolnik, 2010. Disponível em: <<http://raquelrolnik.wordpress.com/2010/06/17/oprograma-minha-casa-minha-vida-esta-avancando-mas-apresenta-alguns-problemas/>>. Acesso em 10 de Maio de 2019.

ROSE, T. **The end of average**. 2016

SCHMIDT, H. **Contributi all' architettura**. 1974

SCHULTZ, C. **A utilização de modelos paramétricos 3D BIM para compatibilização de projetos e orçamentação de uma residência unifamiliar**, 2019

SMITH, A. **An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations**. 1776

STONE, H. **Introduction to Computer Organization and Data Structures**. 1972

SUCCAR, B. **Building Information Modeling maturity matrix**. Handbook of research on Building Information Modeling and construction informatics: concepts and technologies (pp. 65 – 103). 2010

SUMMERSON, J., **The Classical Language of Architecture**, 1963

SUNIL, R. **Essentials of Machine Learning Algorithms (with Python and R Codes)**. 2017.

Disponível em: <<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2017/09/common-machine-learning-algorithms/>>. Acesso em: 05 Dec 2018.

TARN, J. N., **Fiver per cent philanthropy: An account of housing in urban areas between 1840 and 1914**. 1973

TAYEBBI, A. **An urban growth boundary model using neural networks, GIS and radial parameterization: An application to Tehran, Iran**. Landscape and Urban Planning Volume 100, 2011.

TRISTAM, S. **Waste: Uncovering the Global Food Scandal**. 2009

**APÊNDICE A – CUSTO COM INFRAESTRUTURA INTERNA EM 9
HABITACIONAIS DO AGRESTE DE PERNAMBUCO ENTRE 2016 E 2017**

A infraestrutura interna enquadra obras de distribuição de água, coleta de esgoto, vias de trânsito interna, etc. Valores em R\$

	HABITACIONAL1	HABITACIONAL2	HABITACIONAL3	HABITACIONAL4	HABITACIONAL5	HABITACIONAL6	HABITACIONAL7	HABITACIONAL8	HABITACIONAL9
	7/10/2016	7/10/2016	4/12/2015	5/02/2016	15/07/2016	7/10/2016	2/12/2016	11/08/2017	
SERVIÇOS PRELIMINARES	960.22	751.87	412.08	579.99	511.74	860.85	358.19	344.92	946.95
TERRAPLENAGEM	1,032.70	2,088.73	4,451.99	3,938.16	1,906.56	4,204.19	2,538.69	4,726.42	2,535.04
DRENAGEM	1,684.35	877.37	550.46	942.40	649.78	605.71	616.06	839.48	623.91
PAVIMENTAÇÃO	4,290.61	3,897.98	2,696.11	5,569.96	3,791.74	4,469.39	4,103.80	3,814.97	3,972.79
SIST DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	381.37	757.63	437.81	561.18	513.55	757.32	646.37	978.99	833.05
SIST DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	956.01	1,377.65	1,029.63	1,038.55	929.49	871.33	913.44	1,068.42	1,280.64
ENERGIA ELÉTRICA	441.96	660.01	487.23	547.57	542.54	446.82	497.27	519.78	547.42
SINALIZAÇÃO	-	-	-	-	-	1.38	-	-	14.62
TOTAL DE INFRAESTRUTURA INTERNA	9,747.22	10,411.25	10,065.30	13,177.80	8,845.40	12,216.99	9,673.82	12,292.97	10,754.42

**APÊNDICE B – CUSTO COM INFRAESTRUTURA EXTERNA EM 9
HABITACIONAIS DO AGRESTE DE PERNAMBUCO ENTRE 2016 E 2017**

A infraestrutura externa enquadra obras de adutoras, emissários, vias de acesso, estações de tratamento, etc.

	HABITACIONAL1	HABITACIONAL2	HABITACIONAL3	HABITACIONAL4	HABITACIONAL5	HABITACIONAL6	HABITACIONAL7	HABITACIONAL8	HABITACIONAL9
	7/10/2016	7/10/2016	4/12/2015	5/02/2016	15/07/2016	15/07/2016	7/10/2016	2/12/2016	11/08/2017
TERRAPLENAGEM	-	-	90.62	103.81	-	103.81	-	90.62	-
ÁGUA	740.61	92.69	51.40	226.42	1,393.70	226.42	1,393.70	51.40	1,393.70
ESGOTO	375.56	1,690.71	1,682.27	356.09	866.86	356.09	866.86	1,682.27	866.86
PAVIMENTAÇÃO	-	406.52	454.37	250.51	-	250.51	-	454.37	-
ER & IP	-	-	-	158.90	-	158.90	-	-	-
TOTAL DE INFRAESTRUTURA EXTERNA	1,116.17	2,189.92	2,278.66	1,095.72	2,260.56	1,095.72	2,260.56	2,278.66	2,260.56

**APÊNDICE C – CUSTO COM INFRAESTRUTURA TOTAL EM 9 HABITACIONAIS
DO AGRESTE DE PERNAMBUCO ENTRE 2016 E 2017**

HABITACIONAL1	HABITACIONAL2	HABITACIONAL3	HABITACIONAL4	HABITACIONAL5	HABITACIONAL6	HABITACIONAL7	HABITACIONAL8	HABITACIONAL9
	7/10/2016	7/10/2016	4/12/2015	5/02/2016	15/07/2016	7/10/2016	2/12/2016	11/08/2017
\$ 10,863.39	\$ 12,601.16	\$ 12,343.96	\$ 14,273.52	\$ 11,105.96	\$ 13,312.72	\$ 11,934.38	\$ 14,571.63	\$ 13,014.98

**APÊNDICE D – EXEMPLO AMOSTRAL DO ORÇAMENTO DETALHADO DE
INFRAESTRUTURA DO HABITACIONAL 9**

ORÇAMENTO DE INFRAESTRUTURA - HABITACIONAL 9				
DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1. SERVIÇOS PRELIMINARES				
SERVIÇOS PRELIMINARES -	LOTE	415	R\$ 946.95	R\$ 392,983.27
1ª SUB-ETAPA	LOTE	188	R\$ 1,253.88	R\$ 235,729.58
DESMATAMENTO E LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO COM REMOCAO DE CAMADA VEGETAL UTILIZANDO MOTONIVELADORA	M2	52874	R\$ 0.48	R\$ 25,480.00
ALUGUEL DE TRATOR DE ESTEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.98	R\$ 26,000.00	R\$ 25,480.00
CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT = 5 KM COM CARREGADEIRA	M3	10574.8	R\$ 3.34	R\$ 35,352.00
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA COM CARREGADEIRA SOBRE PNEUS (MENSAL)	MENSAL	0.84	R\$ 16,800.00	R\$ 14,112.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	1.77	R\$ 12,000.00	R\$ 21,240.00
SERVIÇO TOPOGRÁFICO DE MARCAÇÃO DE QUADRAS E LOTES	UND	376	R\$ 41.00	R\$ 15,416.00
MARCAÇÃO DE PONTO INDIVIDUAL DE LOTE PIQUETE MADEIRA	UND	376	R\$ 18.00	R\$ 6,768.00
MARCAÇÃO DE PONTO INDIVIDUAL DE LOTE PIQUETE CONCRETO	UND	376	R\$ 23.00	R\$ 8,648.00
CANTEIRO DE OBRAS	UND	2	R\$ 53,467.32	R\$ 106,934.64
CENTRAL DE PRODUÇÃO DE CONCRETO E ARGAMASSA	UND	4	R\$ 7,801.18	R\$ 31,204.72
MONTAGEM DE CERCA COM ARAME FARPADO E MOURÕES DE MADEIRA A CADA 2,50M	M	2181	R\$ 6.85	R\$ 14,934.22
ROLO DE ARAME FARPADO COM 500M	UND	22	R\$ 266.75	R\$ 5,868.50
ESTRONCA DE MADEIRA COM 2M	UND	1455	R\$ 6.00	R\$ 8,730.00
GRAMPO DE AÇO 1X9 PARA ARAME FARPADO	KG	44	R\$ 7.63	R\$ 335.72
EXTENSÃO DE REDE ELÉTRICA	UND	1	R\$ 6,408.00	R\$ 6,408.00
LINHA (7 X 15) COM 5,0 METROS	M	40	R\$ 18.00	R\$ 720.00
ROLO DE CABO FLEXÍVEL PP 4X10MM2 COM 100M	UND	3	R\$ 1,896.00	R\$ 5,688.00
2ª SUB-ETAPA	LOTE	150	R\$ 376.97	R\$ 56,546.04

DESMATAMENTO E LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO COM REMOCAO DE CAMADA VEGETAL UTILIZANDO MOTONIVELADORA	M2	35965	R\$ 0.48	R\$ 17,420.00
ALUGUEL DE TRATOR DE ESTEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.67	R\$ 26,000.00	R\$ 17,420.00
CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT = 5 KM COM CARREGADEIRA	M3	7193	R\$ 3.37	R\$ 24,264.00
ALUGUEL DE RETROSCAVADEIRA COM CARREGADEIRA SOBRE PNEUS (MENSAL)	MENSAL	0.58	R\$ 16,800.00	R\$ 9,744.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	1.21	R\$ 12,000.00	R\$ 14,520.00
SERVIÇO TOPOGRÁFICO DE MARCAÇÃO DE QUADRAS E LOTES	UND	300	R\$ 41.00	R\$ 12,300.00
MARCAÇÃO DE PONTO INDIVIDUAL DE LOTE PIQUETE MADEIRA	UND	300	R\$ 18.00	R\$ 5,400.00
MARCAÇÃO DE PONTO INDIVIDUAL DE LOTE PIQUETE CONCRETO	UND	300	R\$ 23.00	R\$ 6,900.00
MONTAGEM DE CERCA COM ARAME FARPADO E MOURÕES DE MADEIRA A CADA 2,50M	M	356	R\$ 7.20	R\$ 2,562.04
ROLO DE ARAME FARPADO COM 500M	UND	4	R\$ 266.75	R\$ 1,067.00
ESTRONCA DE MADEIRA COM 2M	UND	239	R\$ 6.00	R\$ 1,434.00
GRAMPO DE AÇO 1X9 PARA ARAME FARPADO	KG	8	R\$ 7.63	R\$ 61.04
3ª SUB-ETAPA	LOTE	77	R\$ 394.78	R\$ 30,398.00
DESMATAMENTO E LIMPEZA MECANIZADA DE TERRENO COM REMOCAO DE CAMADA VEGETAL UTILIZANDO MOTONIVELADORA	M2	20719	R\$ 0.49	R\$ 10,140.00
ALUGUEL DE TRATOR DE ESTEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.39	R\$ 26,000.00	R\$ 10,140.00
CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT = 5 KM COM CARREGADEIRA	M3	4143.8	R\$ 3.37	R\$ 13,944.00
ALUGUEL DE RETROSCAVADEIRA COM CARREGADEIRA SOBRE PNEUS (MENSAL)	MENSAL	0.33	R\$ 16,800.00	R\$ 5,544.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.7	R\$ 12,000.00	R\$ 8,400.00
SERVIÇO TOPOGRÁFICO DE MARCAÇÃO DE QUADRAS E LOTES	UND	154	R\$ 41.00	R\$ 6,314.00
MARCAÇÃO DE PONTO INDIVIDUAL DE LOTE PIQUETE MADEIRA	UND	154	R\$ 18.00	R\$ 2,772.00
MARCAÇÃO DE PONTO INDIVIDUAL DE LOTE PIQUETE CONCRETO	UND	154	R\$ 23.00	R\$ 3,542.00
TOTAL DOS INSUMOS DA				R\$ 322,673.62

TOTAL DA MÃO-DE-OBRA DA				R\$ 70,309.65
TOTAL DE SERVIÇOS PRELIMINARES -				R\$ 392,983.27
TOTAL DE SERVIÇOS PRELIMINARES - - POR LOTE				R\$ 946.95
2. TERRAPLANAGEM				
TERRAPLENAGEM NÃO-INCIDENTE				
TERRAPLENAGEM NÃO-INCIDENTE	lote	415	R\$ -	R\$ -
TERRAPLENAGEM NÃO-INCIDENTE POR LOTE	R\$			R\$ -
TERRAPLANAGEM -	LOTE	415	R\$ 2,535.04	R\$ 1,052,042.92
1ª SUB-ETAPA	LOTE	188	R\$ 1,914.25	R\$ 359,878.30
CONTROLE TECNOLÓGICO PARA ATERRO COMPACTADO - ESTUDO PRELIMINAR REALIZADO PELO ITEP	UND	0	R\$ -	R\$ -
SERVIÇO DE DETONAÇÃO	M³	0	R\$ 63.50	R\$ -
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 51 A 200 M COM CARREGADEIRA	M3	4563.60	R\$ 3.67	R\$ 16,740.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.25	R\$ 30,000.00	R\$ 7,500.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.77	R\$ 12,000.00	R\$ 9,240.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 201 A 400M COM CARREGADEIRA	M3	4865.02	R\$ 3.63	R\$ 17,640.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.26	R\$ 30,000.00	R\$ 7,800.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.82	R\$ 12,000.00	R\$ 9,840.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 601 A 800M COM CARREGADEIRA	M3	3505.05	R\$ 4.42	R\$ 15,480.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.28	R\$ 30,000.00	R\$ 8,400.00

ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.59	R\$ 12.000.00	R\$ 7,080.00
BARRO PARA ATERRO	M3	4206.07	R\$ 17.00	R\$ 71,503.19
COMPACTAÇÃO DE ATERRO 100% PROCTOR INTERMEDIÁRIO	M3	6375.89	R\$ 8.72	R\$ 55,620.00
ALUGUEL DE MOTONIVELADORA (MENSAL)	MENSAL	0.8	R\$ 30,000.00	R\$ 24,000.00
ALUGUEL DE ROLO COMPACTADOR TIPO PÉ DE CARNEIRO (MENSAL)	MENSAL	0.69	R\$ 12,000.00	R\$ 8,280.00
ALUGUEL DE TRATOR DE PNEU COM GRADE (MENSAL)	MENSAL	0.82	R\$ 12,000.00	R\$ 9,840.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO PIPA COM CHUVEIRÃO (MENSAL)	MENSAL	1.35	R\$ 10,000.00	R\$ 13,500.00
COMPACTAÇÃO DE MATERIAL DE BOTA-FORA	M3	4865.02	R\$ 2.89	R\$ 14,040.00
ALUGUEL DE TRATOR DE ESTEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.54	R\$ 26,000.00	R\$ 14,040.00
CORTE RADIER	LOTE	188	R\$ 301.91	R\$ 56,760.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	1.37	R\$ 30,000.00	R\$ 41,100.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.58	R\$ 12,000.00	R\$ 6,960.00
ALUGUEL DE MOTONIVELADORA (MENSAL)	MENSAL	0.29	R\$ 30,000.00	R\$ 8,700.00
CONTENÇÃO LATERAL DE LOTE	M2	1410.548905	R\$ 35.76	R\$ 50,444.16
TIJOLO CERÂMICO DE 8 FUROS 9X19X19CM	UND	65331	R\$ 0.38	R\$ 24,825.78
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	77.7	R\$ 40.00	R\$ 3,108.00
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	369	R\$ 16.22	R\$ 5,985.18
BRITA Nº 1	M3	48.6	R\$ 56.00	R\$ 2,721.60
TRELIÇA TIPO "TG 12 M" 6 METROS	UND	87	R\$ 30.80	R\$ 2,679.60
EMULSÃO ASFÁLTICA 200KG BETUMAT	UND	18	R\$ 618.00	R\$ 11,124.00
CONTENÇÃO DE FUNDO DE LOTE COM PEDRA ARGAMASSADA	M3	148.09	R\$ 71.89	R\$ 10,646.30
PEDRA RACHÃO	M3	118.5	R\$ 65.00	R\$ 7,702.50

SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	90	R\$ 16.22	R\$ 1,459.80
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	37.1	R\$ 40.00	R\$ 1,484.00
CONTENÇÃO DE FUNDO DE LOTE COM TIJOLOS CERÂMICOS	M2	0	#DIV/0!	R\$ -
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0	R\$ 15.65	R\$ -
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	0	R\$ 35.00	R\$ -
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 8.0 MM COM 12M	UND	0	R\$ 15.89	R\$ -
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 5.0 MM COM 12M	UND	0	R\$ 6.89	R\$ -
TIJOLO CERÂMICO DE 8 FUROS 9X19X19CM	UND	0	R\$ 0.38	R\$ -
BRITA Nº 2	M3	0	R\$ 65.00	R\$ -
MACDRAIN TD (TRINCHEIRA DRENANTE) - 1,40M LARGURA	M2	0	R\$ 15.60	R\$ -
TUBO PEAD PE 80 DN 100MM	M	0	R\$ -	R\$ -
FORNECIMENTO E PLANTIO DE GRAMA (ESMERALDA)	M2	129	R\$ 8.93	R\$ 1,151.97
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	2.29	R\$ 12,500.00	R\$ 28,625.00
CONTROLE TECNOLÓGICO PARA ATERRO COMPACTADO	DIÁRIA	16	R\$ 741.43	R\$ 11,862.88
DESLOCAMENTO DO LABORATORISTA/ENGº (LOCAÇÃO DE VEÍCULO, COMBUSTÍVEL E MANUTENÇÃO)	VB	8	R\$ 120.60	R\$ 964.80
SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS (DIÁRIA)	DIÁRIA	14	R\$ 600.00	R\$ 8,400.00
2ª SUB-ETAPA	LOTE	150	R\$ 1,375.88	R\$ 206,382.51
CONTROLE TECNOLÓGICO PARA ATERRO COMPACTADO - ESTUDO PRELIMINAR REALIZADO PELO ITEP	UND	0	R\$ -	R\$ -
SERVIÇO DE DETONAÇÃO	M³	0	R\$ 63.50	R\$ -
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 51 A 200 M COM CARREGADEIRA	M3	2846.2725	R\$ 3.60	R\$ 10,260.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.15	R\$ 30,000.00	R\$ 4,500.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.48	R\$ 12,000.00	R\$ 5,760.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 201 A 400M COM CARREGADEIRA	M3	6421.8275	R\$ 3.61	R\$ 23,160.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.34	R\$ 30,000.00	R\$ 10,200.00

ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	1.08	R\$ 12,000.00	R\$ 12,960.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 601 A 800M COM CARREGADEIRA	M3	0	#DIV/0!	R\$ -
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0	R\$ 30,000.00	R\$ -
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0	R\$ 12,000.00	R\$ -
BARRO PARA ATERRO	M3	0	R\$ 17.00	R\$ -
COMPACTAÇÃO DE ATERRO 100% PROCTOR INTERMEDIÁRIO	M3	2059.74	R\$ 8.84	R\$ 18,200.00
ALUGUEL DE MOTONIVELADORA (MENSAL)	MENSAL	0.26	R\$ 30,000.00	R\$ 7,800.00
ALUGUEL DE ROLO COMPACTADOR TIPO PÉ DE CARNEIRO (MENSAL)	MENSAL	0.23	R\$ 12,000.00	R\$ 2,760.00
ALUGUEL DE TRATOR DE PNEU COM GRADE (MENSAL)	MENSAL	0.27	R\$ 12,000.00	R\$ 3,240.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO PIPA COM CHUVEIRÃO (MENSAL)	MENSAL	0.44	R\$ 10,000.00	R\$ 4,400.00
COMPACTAÇÃO DE MATERIAL DE BOTA-FORA	M3	6421.8275	R\$ 2.87	R\$ 18,460.00
ALUGUEL DE TRATOR DE ESTEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.71	R\$ 26,000.00	R\$ 18,460.00
CORTE RADIER	LOTE	150	R\$ 302.80	R\$ 45,420.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	1.1	R\$ 30,000.00	R\$ 33,000.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.46	R\$ 12,000.00	R\$ 5,520.00
ALUGUEL DE MOTONIVELADORA (MENSAL)	MENSAL	0.23	R\$ 30,000.00	R\$ 6,900.00
CONTENÇÃO LATERAL DE LOTE	M2	1606.1	R\$ 35.07	R\$ 56,324.72
TIJOLO CERÂMICO DE 8 FUROS 9X19X19CM	UND	74388	R\$ 0.38	R\$ 28,267.44
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	81.9	R\$ 40.00	R\$ 3,276.00
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	384	R\$ 16.22	R\$ 6,228.48
BRITA Nº 1	M3	45.1	R\$ 56.00	R\$ 2,525.60
TRELIÇA TIPO "TG 12 M" 6 METROS	UND	99	R\$ 30.80	R\$ 3,049.20

EMULSÃO ASFÁLTICA 200KG BETUMAT	UND	21	R\$ 618.00	R\$ 12.978.00
CONTENÇÃO DE FUNDO DE LOTE COM PEDRA ARGAMASSADA	M3	0	#DIV/0!	R\$ -
PEDRA RACHÃO	M3	0	R\$ 65.00	R\$ -
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0	R\$ 16.22	R\$ -
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	0	R\$ 40.00	R\$ -
CONTENÇÃO DE FUNDO DE LOTE COM TIJOLOS CERÂMICOS	M2	0	#DIV/0!	R\$ -
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0	R\$ 15.65	R\$ -
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	0	R\$ 35.00	R\$ -
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 8.0 MM COM 12M	UND	0	R\$ 15.89	R\$ -
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 5.0 MM COM 12M	UND	0	R\$ 6.89	R\$ -
TIJOLO CERÂMICO DE 8 FUROS 9X19X19CM	UND	0	R\$ 0.38	R\$ -
BRITA Nº 2	M3	0	R\$ 65.00	R\$ -
MACDRAIN TD (TRINCHEIRA DRENANTE) - 1,40M LARGURA	M2	0	R\$ 15.60	R\$ -
TUBO PEAD PE 80 DN 100MM	M	0	R\$ -	R\$ -
FORNECIMENTO E PLANTIO DE GRAMA (ESMERALDA)	M2	17	R\$ 8.93	R\$ 151.81
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	1.83	R\$ 12.500.00	R\$ 22,875.00
CONTROLE TECNOLÓGICO PARA ATERRO COMPACTADO	DIÁRIA	6	R\$ 741.43	R\$ 4,448.58
DESLOCAMENTO DO LABORATORISTA/ENGº (LOCAÇÃO DE VEÍCULO, COMBUSTÍVEL E MANUTENÇÃO)	VB	4	R\$ 120.60	R\$ 482.40
SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS (DIÁRIA)	DIÁRIA	11	R\$ 600.00	R\$ 6,600.00
3ª SUB-ETAPA	LOTE	77	R\$ 2,304.83	R\$ 177,472.00
CONTROLE TECNOLÓGICO PARA ATERRO COMPACTADO - ESTUDO PRELIMINAR REALIZADO PELO ITEP	UND	0	R\$ -	R\$ -
SERVIÇO DE DETONAÇÃO	M³	0	R\$ 63.50	R\$ -
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 51 A 200 M COM CARREGADEIRA	M3	2116.235	R\$ 3.74	R\$ 7,920.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.12	R\$ 30,000.00	R\$ 3,600.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.36	R\$ 12,000.00	R\$ 4,320.00

ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 201 A 400M COM CARREGADEIRA	M3	1337.985	R\$ 3.86	R\$ 5,160.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.08	R\$ 30,000.00	R\$ 2,400.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.23	R\$ 12,000.00	R\$ 2,760.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 601 A 800M COM CARREGADEIRA	M3	2440.225	R\$ 4.47	R\$ 10,920.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.2	R\$ 30,000.00	R\$ 6,000.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.41	R\$ 12,000.00	R\$ 4,920.00
BARRO PARA ATERRO	M3	2928.27	R\$ 17.00	R\$ 49,780.59
COMPACTAÇÃO DE ATERRO 100% PROCTOR INTERMEDIÁRIO	M3	3585.79	R\$ 8.76	R\$ 31,420.00
ALUGUEL DE MOTONIVELADORA (MENSAL)	MENSAL	0.45	R\$ 30,000.00	R\$ 13,500.00
ALUGUEL DE ROLO COMPACTADOR TIPO PÉ DE CARNEIRO (MENSAL)	MENSAL	0.39	R\$ 12,000.00	R\$ 4,680.00
ALUGUEL DE TRATOR DE PNEU COM GRADE (MENSAL)	MENSAL	0.47	R\$ 12,000.00	R\$ 5,640.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO PIPA COM CHUVEIRÃO (MENSAL)	MENSAL	0.76	R\$ 10,000.00	R\$ 7,600.00
COMPACTAÇÃO DE MATERIAL DE BOTA-FORA	M3	1337.985	R\$ 2.91	R\$ 3,900.00
ALUGUEL DE TRATOR DE ESTEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.15	R\$ 26,000.00	R\$ 3,900.00
CORTE RADIER	LOTE	77	R\$ 302.34	R\$ 23,280.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.56	R\$ 30,000.00	R\$ 16,800.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.24	R\$ 12,000.00	R\$ 2,880.00
ALUGUEL DE MOTONIVELADORA (MENSAL)	MENSAL	0.12	R\$ 30,000.00	R\$ 3,600.00
CONTENÇÃO LATERAL DE LOTE	M2	638.79	R\$ 35.13	R\$ 22,443.26
TIJOLO CERÂMICO DE 8 FUROS 9X19X19CM	UND	29586	R\$ 0.38	R\$ 11,242.68
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	33.7	R\$ 40.00	R\$ 1,348.00
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	159	R\$ 16.22	R\$ 2,578.98

BRITA Nº 1	M3	19.6	R\$ 56.00	R\$ 1,097.60
TRELIÇA TIPO "TG 12 M" 6 METROS	UND	40	R\$ 30.80	R\$ 1,232.00
EMULSÃO ASFÁLTICA 200KG BETUMAT	UND	8	R\$ 618.00	R\$ 4,944.00
CONTENÇÃO DE FUNDO DE LOTE COM PEDRA ARGAMASSADA	M3	0	#DIV/0!	R\$ -
PEDRA RACHÃO	M3	0	R\$ 65.00	R\$ -
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0	R\$ 16.22	R\$ -
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	0	R\$ 40.00	R\$ -
CONTENÇÃO DE FUNDO DE LOTE COM TIJOLOS CERÂMICOS	M2	0	#DIV/0!	R\$ -
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0	R\$ 15.65	R\$ -
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	0	R\$ 35.00	R\$ -
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 8.0 MM COM 12M	UND	0	R\$ 15.89	R\$ -
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 5.0 MM COM 12M	UND	0	R\$ 6.89	R\$ -
TIJOLO CERÂMICO DE 8 FUROS 9X19X19CM	UND	0	R\$ 0.38	R\$ -
BRITA Nº 2	M3	0	R\$ 65.00	R\$ -
MACDRAIN TD (TRINCHEIRA DRENANTE) - 1,40M LARGURA	M2	0	R\$ 15.60	R\$ -
TUBO PEAD PE 80 DN 100MM	M	0	R\$ -	R\$ -
FORNECIMENTO E PLANTIO DE GRAMA (ESMERALDA)	M2	16	R\$ 8.93	R\$ 142.88
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.94	R\$ 12,500.00	R\$ 11,750.00
CONTROLE TECNOLÓGICO PARA ATERRO COMPACTADO	DIÁRIA	9	R\$ 741.43	R\$ 6,672.87
DESLOCAMENTO DO LABORATORISTA/ENGº (LOCAÇÃO DE VEÍCULO, COMBUSTÍVEL E MANUTENÇÃO)	VB	4	R\$ 120.60	R\$ 482.40
SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS (DIÁRIA)	DIÁRIA	6	R\$ 600.00	R\$ 3,600.00
TOTAL DOS INSUMOS DA				R\$ 743,732.81
TOTAL DA MÃO-DE-OBRA DA				R\$ 308,310.11
TOTAL DE TERRAPLENAGEM -				R\$ 1,052,042.92

TOTAL DE TERRAPLENAGEM - - POR LOTE				R\$ 2,535.04
3. DRENAGEM				
DRENAGEM -	LOTE	415	R\$ 623.91	R\$ 258,922.42
1ª SUB-ETAPA	LOTE	188	R\$ 454.63	R\$ 85,471.31
MEIO FIO DE CONCRETO 12,5 X 25 X 80 CM	UND	3648	R\$ 8.88	R\$ 32,394.24
MURETA DE DRENAGEM EM ALVENARIA DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL.	M	3484	R\$ 3.88	R\$ 13,527.34
BLOCO DE CONCRETO 9 X 19 X 39 CM	UND	9581	R\$ 1.36	R\$ 13,030.16
ARGAMASSA (REJUNTE/REBOCO)	M3	3.28	R\$ 151.73	R\$ 497.18
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	19	R\$ 16.22	R\$ 308.18
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	4.50	R\$ 42.00	R\$ 189.00
LAJE SOBRE PASSEIO	UND	2	R\$ 171.42	R\$ 342.83
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 8.0 MM COM 12M	UND	6.00	R\$ 17.00	R\$ 102.00
CONCRETO FCK ≥15MPA	M3	0.51	R\$ 257.79	R\$ 130.44
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	1.00	R\$ 42.00	R\$ 42.00
BRITA Nº 1	M3	1.00	R\$ 56.00	R\$ 56.00
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	2.00	R\$ 16.22	R\$ 32.44
TIJOLO MACIÇO 19X9X5CM	UND	141.00	R\$ 0.37	R\$ 52.17
ARGAMASSA DE REJUNTE (1:8)	M3	0.03	R\$ 1,712.35	R\$ 58.22
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	1.00	R\$ 42.00	R\$ 42.00
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	1.00	R\$ 16.22	R\$ 16.22

MACDRAIN	M	117	R\$ 63.73	R\$ 7,456.90
ESCAVAÇÃO	M3	49.14	R\$ 8.65	R\$ 425.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 30,000.00	R\$ 300.00
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (DIÁRIA)	DIÁRIA	0.01	R\$ 12,500.00	R\$ 125.00
REATERRO	M3	49.14	R\$ 48.18	R\$ 2,367.50
AREIA LAVADA	M3	59.00	R\$ 40.00	R\$ 2,360.00
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (DIÁRIA)	DIÁRIA	0.01	R\$ 750.00	R\$ 7.50
TUBO PEAD CORRUGADO PERFURADO DN 160MM	M	117.00	R\$ 18.00	R\$ 2,106.00
MACDRAIN TD (TRINCHEIRA DRENANTE) - 1,40M LARGURA	M2	164.00	R\$ 15.60	R\$ 2,558.40
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	2.54	R\$ 12,500.00	R\$ 31,750.00
2ª SUB-ETAPA	LOTE	150	R\$ 409.39	R\$ 61,409.21
DESCIDA D'ÁGUA TIPO RÁPIDA - CANAL RETANGULAR - DAR 01 - BRITA E AREIA COMERCIAIS.	M	7.00	R\$ 121.05	R\$ 847.32
CONCRETO FCK ≥15MPA	M3	1.23	R\$ 143.44	R\$ 175.72
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	6.00	R\$ 16.22	R\$ 97.32
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.44	R\$ 42.00	R\$ 18.48
BRITA Nº 1	M3	1.07	R\$ 56.00	R\$ 59.92
FOLHA DE MADEIRITE PLASTIFICADO 1,10X2,20M ESPESSURA 12 MM	UND	2.00	R\$ 62.50	R\$ 125.00
TUBO PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO PS1 COM JUNTA TIPO PONTA BOLSA 1,0M DN 400MM	UND	2.00	R\$ 60.00	R\$ 120.00
ESCAVAÇÃO	M3	2.52	R\$ 166.67	R\$ 420.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 30,000.00	R\$ 300.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 12,000.00	R\$ 120.00

APILOAMENTO	M3	1.19	R\$ 5.55	R\$ 6.60
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 660.00	R\$ 6.60
ENTRADA PARA DESCIDA D'ÁGUA - EDA 01	UND	1	R\$ 108.50	R\$ 108.50
CONCRETO FCK \geq 15MPA	M3	0.11	R\$ 213.64	R\$ 23.50
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	1.00	R\$ 16.22	R\$ 16.22
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.04	R\$ 42.00	R\$ 1.68
BRITA Nº 1	M3	0.10	R\$ 56.00	R\$ 5.60
FOLHA DE MADEIRITE PLASTIFICADO 1,22X2,44M ESPESSURA 12 MM	UND	1.00	R\$ 85.00	R\$ 85.00
MEIO FIO DE CONCRETO 12,5 X 25 X 80 CM	UND	2343	R\$ 8.88	R\$ 20,805.84
MURETA DE DRENAGEM EM ALVENARIA DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL.	M	2674	R\$ 3.88	R\$ 10,371.32
BLOCO DE CONCRETO 9 X 19 X 39 CM	UND	7354	R\$ 1.36	R\$ 10,001.44
ARGAMASSA (REJUNTE/REBOCO)	M3	2.52	R\$ 147.07	R\$ 369.88
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	14	R\$ 16.22	R\$ 227.08
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	3.4	R\$ 42.00	R\$ 142.80
LAJE SOBRE PASSEIO	UND	2	R\$ 171.42	R\$ 342.83
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 8.0 MM COM 12M	UND	6.00	R\$ 17.00	R\$ 102.00
CONCRETO FCK \geq 15MPA	M3	0.51	R\$ 257.79	R\$ 130.44
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	1.00	R\$ 42.00	R\$ 42.00
BRITA Nº 1	M3	1.00	R\$ 56.00	R\$ 56.00
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	2.00	R\$ 16.22	R\$ 32.44
TIJOLO MACIÇO 19X9X5CM	UND	141.00	R\$ 0.37	R\$ 52.17
ARGAMASSA DE REJUNTE (1:8)	M3	0.03	R\$ 1,712.35	R\$ 58.22

AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	1.00	R\$ 42.00	R\$ 42.00
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	1.00	R\$ 16.22	R\$ 16.22
MACDRAIN	M	52	R\$ 68.43	R\$ 3,558.40
ESCAVAÇÃO	M3	21.84	R\$ 19.46	R\$ 425.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 30,000.00	R\$ 300.00
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 12,500.00	R\$ 125.00
REATERRO	M3	21.84	R\$ 48.47	R\$ 1,058.60
AREIA LAVADA	M3	26.30	R\$ 40.00	R\$ 1,052.00
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 660.00	R\$ 6.60
TUBO PEAD CORRUGADO PERFURADO DN 160MM	M	52.00	R\$ 18.00	R\$ 936.00
MACDRAIN TD (TRINCHEIRA DRENANTE) - 1,40M LARGURA	M2	73.00	R\$ 15.60	R\$ 1,138.80
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	2.03	R\$ 12,500.00	R\$ 25,375.00
3ª SUB-ETAPA	LOTE	77	R\$ 447.67	R\$ 34,470.83
DESCIDA D'ÁGUA TIPO RÁPIDA - CANAL RETANGULAR - DAR 01 - BRITA E AREIA COMERCIAIS.	M	7.00	R\$ 130.28	R\$ 911.93
CONCRETO FCK \geq 15MPA	M3	1.23	R\$ 145.17	R\$ 177.83
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	6.13	R\$ 16.22	R\$ 99.43
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.44	R\$ 42.00	R\$ 18.48
BRITA Nº 1	M3	1.07	R\$ 56.00	R\$ 59.92
FOLHA DE MADEIRITE PLASTIFICADO 1,10X2,20M ESPESSURA 12 MM	UND	3	R\$ 62.50	R\$ 187.50
TUBO PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO PS1 COM JUNTA TIPO PONTA BOLSA 1,0M DN 400MM	UND	2	R\$ 60.00	R\$ 120.00
ESCAVAÇÃO	M3	2.52	R\$ 166.67	R\$ 420.00

ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 30,000.00	R\$ 300.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 12,000.00	R\$ 120.00
APILOAMENTO	M3	1.19	R\$ 5.55	R\$ 6.60
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (MENSAL)	DIÁRIA	0.01	R\$ 660.00	R\$ 6.60
ENTRADA PARA DESCIDA D'ÁGUA - EDA 01	UND	1.00	R\$ 108.50	R\$ 108.50
CONCRETO FCK \geq 15MPa	M3	0.11	R\$ 213.64	R\$ 23.50
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	1.00	R\$ 16.22	R\$ 16.22
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.04	R\$ 42.00	R\$ 1.68
BRITA Nº 1	M3	0.10	R\$ 56.00	R\$ 5.60
FOLHA DE MADEIRITE PLASTIFICADO 1,22X2,44M ESPESSURA 12 MM	UND	1.00	R\$ 85.00	R\$ 85.00
MEIO FIO DE CONCRETO 12,5 X 25 X 80 CM	UND	1702	R\$ 8.88	R\$ 15,113.76
MURETA DE DRENAGEM EM ALVENARIA DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M ² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL.	M	1372	R\$ 3.89	R\$ 5,336.64
BLOCO DE CONCRETO 9 X 19 X 39 CM	UND	3773	R\$ 1.36	R\$ 5,131.28
ARGAMASSA (REJUNTE/REBOCO)	M3	1.29	R\$ 159.15	R\$ 205.36
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	8	R\$ 16.22	R\$ 129.76
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	1.8	R\$ 42.00	R\$ 75.60
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	1.04	R\$ 12,500.00	R\$ 13,000.00
TOTAL DOS INSUMOS DA				R\$ 181,351.35
TOTAL DA MÃO-DE-OBRA DA				R\$ 77,571.07
TOTAL DE DRENAGEM -				R\$ 258,922.42
TOTAL DE DRENAGEM - - POR LOTE				R\$ 623.91

4. PAVIMENTAÇÃO				
PAVIMENTAÇÃO NÃO-INCIDENTE				
PAVIMENTAÇÃO NÃO-INCIDENTE	lote	415	R\$ -	R\$ -
PAVIMENTAÇÃO NÃO-INCIDENTE POR LOTE				R\$ -
PAVIMENTAÇÃO -				
PAVIMENTAÇÃO -	LOTE	415	R\$ 3,972.79	R\$ 1,648,706.94
1ª SUB-ETAPA	LOTE	188	R\$ 3,315.64	R\$ 623,340.48
PAVIMENTO				R\$ 450,430.83
EXECUÇÃO DE COLCHÃO DE AREA E=5CM	M2	11,003.00	R\$ 2.60	R\$ 28,607.80
AREIA LAVADA	M3	715.195	R\$ 40.00	R\$ 28,607.80
EXECUÇÃO DE SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE, SEM MISTURA, BRANGENDO ESPALHAMENTO,HOMOGENEIZAÇÃO,UMEDECIMENTO E COMPACTAÇÃO, COM ESPESSURA DE 15,0 CM, TEOR DE COMPACTACAO A 100 POR CENTO AASHO INTERMEDIÁRIO.(DNER-ME-48-64),INCLUSIVE FORNECIMENTO DO MATERIAL PROVENIENTE DE JAZIDA(CBR 20 POR CENTO),D.M.T. 6 KM.	M3	1650.45	R\$ 20.07	R\$ 33,120.00
ALUGUEL DE MOTONIVELADORA (MENSAL)	MENSAL	0.46	R\$ 30,000.00	R\$ 13,800.00
ALUGUEL DE ROLO COMPACTADOR TIPO PÉ DE CARNEIRO (MENSAL)	MENSAL	0.48	R\$ 12,000.00	R\$ 5,760.00
ALUGUEL DE TRATOR DE PNEU COM GRADE (MENSAL)	MENSAL	0.53	R\$ 12,000.00	R\$ 6,360.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO PIPA COM CHUVEIRÃO (MENSAL)	MENSAL	0.72	R\$ 10,000.00	R\$ 7,200.00
BARRO PARA ATERRO	M3	2145.59	R\$ 17.00	R\$ 36,475.03

PAVER RETANGULAR 10 x 20 x 8 CM - COR: NATURAL - 35 Mpa	M2	11003	R\$ 32.00	R\$ 352,096.00
AREIA FINA	M3	4.00	R\$ 33.00	R\$ 132.00
PASSEIO				R\$ 159,101.34
EXECUÇÃO DE COLCHÃO DE AREA E=5CM	M2	3390.6	R\$ 2.60	R\$ 8,815.56
AREIA LAVADA	M3	220.389	R\$ 40.00	R\$ 8,815.56
PAVER RETANGULAR 10 x 20 x 6 CM - COR: NATURAL - 35 Mpa	M2	3390.6	R\$ 26.00	R\$ 88,155.60
ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO DO PISO TÁTIL	M3	8.67	R\$ 148.83	R\$ 1,290.38
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	49	R\$ 16.22	R\$ 794.78
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	11.8	R\$ 42.00	R\$ 495.60
PISO TÁTIL ALERTA COR NATURAL 25X25X3CM	M2	289	R\$ 48.00	R\$ 13,872.00
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO EXTERNO 0,60M X ALTURA 0,50M X ESPESSURA 0,05M	UND	174	R\$ 45.00	R\$ 7,830.00
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE PASSEIO	M2	637.5	R\$ 61.27	R\$ 39,057.80
MEIO FIO DE CONCRETO 12,5 x 25 x 80 CM	UND	4384	R\$ 8.88	R\$ 38,929.92
ARGAMASSA (REJUNTE)	M3	1.81	R\$ 70.65	R\$ 127.88
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	4	R\$ 16.22	R\$ 64.88
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	1.5	R\$ 42.00	R\$ 63.00
AREIA FINA	M3	2	R\$ 40.00	R\$ 80.00
PAVIMENTO RÍGIDO				R\$ 10,514.14
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	10.31	R\$ 42.00	R\$ 433.02
BRITA Nº 1	M3	19.78	R\$ 56.00	R\$ 1,107.68
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	SC	77	R\$ 16.22	R\$ 1,248.94

CONCRETO USINADO 35MPa	M3	24.5	R\$ 291.00	R\$ 7,129.50
VERGALHÃO DE AÇO CA-25 25.0MM COM 12 M	UND	3	R\$ -	R\$ -
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 8.0 MM COM 12M	UND	0	R\$ -	R\$ -
LATA DE SIKa PRIMER BR 275ML	UND	1	R\$ -	R\$ -
LATA DE SELANTE SIKAFLEX T68 5KG (A+B)	UND	1	R\$ -	R\$ -
FOLHA DE MADEIRITE PLASTIFICADO 1,22X2,44M ESPESSURA 12 MM	UND	7	R\$ 85.00	R\$ 595.00
BANCOS E CANALETAS				R\$ 3,294.17
BANCOS DE ALVENARIA	M	87	R\$ 21.55	R\$ 1,874.46
TIJOLO CERÂMICO DE 8 FUROS 9X19X19CM	UND	2610	R\$ 0.38	R\$ 991.80
ARGAMASSA (REJUNTE/REBOCO)	M3	5.03052	R\$ 147.05	R\$ 739.76
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	28	R\$ 16.22	R\$ 454.16
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	6.8	R\$ 42.00	R\$ 285.60
METRALHA	M3	6.351	R\$ -	R\$ -
LATA DE TINTA ACRÍLICA BRANCA 18L	UND	1	R\$ 142.90	R\$ 142.90
CANALETAS	UND	1	R\$ 1,419.71	R\$ 1,419.71
CONCRETO FCK=20MPa	M³	2.31	R\$ 168.30	R\$ 388.78
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	SC	14	R\$ 16.22	R\$ 227.08
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	1.25	R\$ 42.00	R\$ 52.50
BRITA Nº 1	M3	1.95	R\$ 56.00	R\$ 109.20
PAINEL DE TELA SOLDADA NERVURADA "Q 335" 2,45 X 6,00M	M²	3	R\$ 340.67	R\$ 1,022.01
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 6.3 MM COM 12M	UND	1	R\$ 8.92	R\$ 8.92
2ª SUB-ETAPA	LOTE	150	R\$ 2,839.52	R\$ 425,927.25

PAVIMENTO				R\$ 300,026.94
EXECUÇÃO DE COLCHÃO DE AREA E=5CM	M2	7037	R\$ 2.60	R\$ 18,296.20
AREIA LAVADA	M3	457.405	R\$ 40.00	R\$ 18,296.20
EXECUÇÃO DE SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE, SEM MISTURA, BRANGENDO ESPALHAMENTO,HOMOGENEIZAÇÃO,UMEDECIMENTO E COMPACTAÇÃO, COM ESPESSURA DE 15,0 CM, TEOR DE COMPACTACAO A 100 POR CENTO AASHO INTERMEDIÁRIO.(DNER-ME-48-64),INCLUSIVE FORNECIMENTO DO MATERIAL PROVENIENTE DE JAZIDA(CBR 20 POR CENTO),D.M.T. 6 KM.	M3	1055.55	R\$ 31.38	R\$ 33,120.00
ALUGUEL DE MOTONIVELADORA (MENSAL)	MENSAL	0.46	R\$ 30,000.00	R\$ 13,800.00
ALUGUEL DE ROLO COMPACTADOR TIPO PÉ DE CARNEIRO (MENSAL)	MENSAL	0.48	R\$ 12,000.00	R\$ 5,760.00
ALUGUEL DE TRATOR DE PNEU COM GRADE (MENSAL)	MENSAL	0.53	R\$ 12,000.00	R\$ 6,360.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO PIPA COM CHUVEIRÃO (MENSAL)	MENSAL	0.72	R\$ 10,000.00	R\$ 7,200.00
BARRO PARA ATERRO	M3	1372.22	R\$ 17.00	R\$ 23,327.74
PAVER RETANGULAR 10 x 20 x 8 CM - COR: NATURAL - 35 Mpa	M2	7037	R\$ 32.00	R\$ 225,184.00
AREIA FINA	M3	3	R\$ 33.00	R\$ 99.00
PASSEIO				R\$ 122,935.64
EXECUÇÃO DE COLCHÃO DE AREA E=5CM	M2	2689	R\$ 2.60	R\$ 6,991.40
AREIA LAVADA	M3	174.785	R\$ 40.00	R\$ 6,991.40
PAVER RETANGULAR 10 x 20 x 6 CM - COR: NATURAL - 35 Mpa	M2	2689	R\$ 26.00	R\$ 69,914.00
ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO DO PISO TÁTIL	M3	6.93	R\$ 148.25	R\$ 1,027.38
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	39	R\$ 16.22	R\$ 632.58

AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	9.4	R\$ 42.00	R\$ 394.80
PISO TÁTIL ALERTA COR NATURAL 25X25X3CM	M2	231	R\$ 48.00	R\$ 11,088.00
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO EXTERNO 0,60M X ALTURA 0,50M X ESPESSURA 0,05M	UND	134	R\$ 45.00	R\$ 6,030.00
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE PASSEIO	M2	454.50	R\$ 61.26	R\$ 27,844.86
MEIO FIO DE CONCRETO 12,5 x 25 x 80 CM	UND	3125	R\$ 8.88	R\$ 27,750.00
ARGAMASSA (REJUNTE)	M3	1.29	R\$ 73.53	R\$ 94.86
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	3.00	R\$ 16.22	R\$ 48.66
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	1.10	R\$ 42.00	R\$ 46.20
AREIA FINA	M3	1.00	R\$ 40.00	R\$ 40.00
BANCOS E CANALETAS				R\$ 2,964.67
BANCOS DE ALVENARIA	M	70	R\$ 22.07	R\$ 1,544.96
TIJOLO CERÂMICO DE 8 FUROS 9X19X19CM	UND	2100	R\$ 0.38	R\$ 798.00
ARGAMASSA (REJUNTE/REBOCO)	M3	4.05	R\$ 149.13	R\$ 604.06
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	23	R\$ 16.22	R\$ 373.06
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	5.50	R\$ 42.00	R\$ 231.00
METRALHA	M3	5.11	R\$ -	R\$ -
LATA DE TINTA ACRÍLICA BRANCA 18L	UND	1	R\$ 142.90	R\$ 142.90
CANALETAS	UND	1	R\$ 1,419.71	R\$ 1,419.71
CONCRETO FCK=20MPA	M³	2.31	R\$ 168.30	R\$ 388.78
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	SC	14	R\$ 16.22	R\$ 227.08
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	1.25	R\$ 42.00	R\$ 52.50
BRITA Nº 1	M3	1.95	R\$ 56.00	R\$ 109.20

PAINEL DE TELA SOLDADA NERVURADA "Q 335" 2,45 X 6,00M	M²	3	R\$ 340.67	R\$ 1,022.01
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 6.3 MM COM 12M	UND	1	R\$ 8.92	R\$ 8.92
3ª SUB-ETAPA	LOTE	77	R\$ 3,931.86	R\$ 302,753.49
PAVIMENTO				R\$ 222,154.36
EXECUÇÃO DE COLCHÃO DE AREA E=5CM	M2	4984	R\$ 2.60	R\$ 12,958.40
AREIA LAVADA	M3	323.96	R\$ 40.00	R\$ 12,958.40
EXECUÇÃO DE SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE, SEM MISTURA, BRANGENDO ESPALHAMENTO,HOMOGENEIZAÇÃO,UMEDECIMENTO E COMPACTAÇÃO, COM ESPESSURA DE 15,0 CM, TEOR DE COMPACTACAO A 100 POR CENTO AASHO INTERMEDIÁRIO.(DNER-ME-48-64),INCLUSIVE FORNECIMENTO DO MATERIAL PROVENIENTE DE JAZIDA(CBR 20 POR CENTO),D.M.T. 6 KM.	M3	747.6	R\$ 44.30	R\$ 33,120.00
ALUGUEL DE MOTONIVELADORA (MENSAL)	MENSAL	0.46	R\$ 30,000.00	R\$ 13,800.00
ALUGUEL DE ROLO COMPACTADOR TIPO PÉ DE CARNEIRO (MENSAL)	MENSAL	0.48	R\$ 12,000.00	R\$ 5,760.00
ALUGUEL DE TRATOR DE PNEU COM GRADE (MENSAL)	MENSAL	0.53	R\$ 12,000.00	R\$ 6,360.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO PIPA COM CHUVEIRÃO (MENSAL)	MENSAL	0.72	R\$ 10,000.00	R\$ 7,200.00
BARRO PARA ATERRO	M3	971.88	R\$ 17.00	R\$ 16,521.96
PAVER RETANGULAR 10 x 20 x 8 CM - COR: NATURAL - 35 Mpa	M2	4984	R\$ 32.00	R\$ 159,488.00
AREIA FINA	M3	2	R\$ 33.00	R\$ 66.00
PASSEIO				R\$ 78,521.54
EXECUÇÃO DE COLCHÃO DE AREA E=5CM	M2	1650	R\$ 2.60	R\$ 4,290.00
AREIA LAVADA	M3	107.25	R\$ 40.00	R\$ 4,290.00

PAVER RETANGULAR 10 x 20 x 6 CM - COR: NATURAL - 35 Mpa	M2	1650	R\$ 26.00	R\$ 42,900.00
ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO DO PISO TÁTIL	M3	4.8	R\$ 148.11	R\$ 710.94
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	27	R\$ 16.22	R\$ 437.94
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	6.5	R\$ 42.00	R\$ 273.00
PISO TÁTIL ALERTA COR NATURAL 25X25X3CM	M2	160	R\$ 48.00	R\$ 7,680.00
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO EXTERNO 0,60M X ALTURA 0,50M X ESPESSURA 0,05M	UND	154	R\$ 45.00	R\$ 6,930.00
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE PASSEIO	M2	260.5	R\$ 61.31	R\$ 15,970.60
MEIO FIO DE CONCRETO 12,5 x 25 x 80 CM	UND	1792	R\$ 8.88	R\$ 15,912.96
ARGAMASSA (REJUNTE)	M3	0.74	R\$ 77.89	R\$ 57.64
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	2	R\$ 16.22	R\$ 32.44
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	0.6	R\$ 42.00	R\$ 25.20
AREIA FINA	M3	1	R\$ 40.00	R\$ 40.00
BANCOS E CANALETAS				R\$ 2,077.59
BANCOS DE ALVENARIA	M	25	R\$ 26.32	R\$ 657.88
TIJOLO CERÂMICO DE 8 FUROS 9X19X19CM	UND	750	R\$ 0.38	R\$ 285.00
ARGAMASSA (REJUNTE/REBOCO)	M3	1.45684	R\$ 157.86	R\$ 229.98
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	9	R\$ 16.22	R\$ 145.98
AREIA FINA INDUSTRIALIZADA	M3	2	R\$ 42.00	R\$ 84.00
METRALHA	M3	1.825	R\$ -	R\$ -
LATA DE TINTA ACRÍLICA BRANCA 18L	UND	1	R\$ 142.90	R\$ 142.90
CANALETAS	UND	1	R\$ 1,419.71	R\$ 1,419.71
CONCRETO FCK=20MPA	M³	2.31	R\$ 168.30	R\$ 388.78

SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	SC	14	R\$ 16.22	R\$ 227.08
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	1.25	R\$ 42.00	R\$ 52.50
BRITA Nº 1	M3	1.95	R\$ 56.00	R\$ 109.20
PAINEL DE TELA SOLDADA NERVURADA "Q 335" 2,45 X 6,00M	M²	3	R\$ 340.67	R\$ 1,022.01
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 6.3 MM COM 12M	UND	1	R\$ 8.92	R\$ 8.92
TOTAL DOS INSUMOS DA				R\$ 1,352,021.22
TOTAL DA MÃO-DE-OBRA DA				R\$ 296,685.72
TOTAL DE PAVIMENTAÇÃO -				R\$ 1,648,706.94
TOTAL DE PAVIMENTAÇÃO - - POR LOTE				R\$ 3,972.79
5. SAA				
SAA NÃO-INCIDENTE				
SAA NÃO-INCIDENTE	LOTE	415	R\$ 1,393.70	R\$ 578,385.50
SAA NÃO-INCIDENTE				R\$ 1,393.70
SAA INCIDENTE				
SAA -	LOTE	415	R\$ 833.05	R\$ 345,716.71
1ª SUB-ETAPA	LOTE	188	R\$ 646.96	R\$ 121,628.59
SERVIÇOS PRELIMINARES				R\$ 1,168.50
LOCAÇÃO DE REDE DE ÁGUA E ESGOTO	M	779	R\$ 1.50	R\$ 1,168.50

MOVIMENTAÇÃO DE TERRA				R\$ 81,214.90
ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M3/111 HP), LARGURA ATÉ 1,5 M, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA.	M3	1031.4	R\$ 18.13	R\$ 18,700.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.44	R\$ 30,000.00	R\$ 13,200.00
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.44	R\$ 12,500.00	R\$ 5,500.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 51 A 200 M COM CARREGADEIRA	M3	1308.72	R\$ 2.61	R\$ 3,420.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.05	R\$ 30,000.00	R\$ 1,500.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.16	R\$ 12,000.00	R\$ 1,920.00
SERVIÇO DE DETONAÇÃO	M3	207	R\$ 63.50	R\$ 13,144.50
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 3ª CATEGORIA EM VALAS	M3	248.4	R\$ 10.14	R\$ 2,520.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.02	R\$ 30,000.00	R\$ 600.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.16	R\$ 12,000.00	R\$ 1,920.00
AREIA LAVADA	M3	115.4	R\$ 40.00	R\$ 4,616.00
REATERRO COMPACTADO MECANICAMENTE EM CAMADAS DE 0,20M COM APROVEITAMENTO DO MATERIAL ESCAVADO - COM COMPACTADOR MECÂNICO	M3	914.47	R\$ 20.71	R\$ 18,939.40
BARRO PARA ATERRO	M3	1097	R\$ 17.00	R\$ 18,649.00
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (MENSAL)	MENSAL	0.44	R\$ 660.00	R\$ 290.40
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	1.59	R\$ 12,500.00	R\$ 19,875.00
ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES				R\$ 4,543.98

TUBO PVC PBA INJETADO CLASSE 12 COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 50MM	UND	147	R\$ 30.50	R\$ 4,483.50
PASTA LUBRIFICANTE PARA USO EM TUBOS DE PVC COM ANEL DE BORRACHA 0,9KG	UND	2	R\$ 13.74	R\$ 27.48
CONEXÕES	UND	4	R\$ 8.25	R\$ 33.00
CAP PVC PBA INJETADO COM JUNTA ELÁSTICA DN 50MM	UND	2	R\$ 4.50	R\$ 9.00
REDUÇÃO PVC PBA INJETADO COM PONTA E BOLSA DN 75X50MM	UND	2	R\$ 12.00	R\$ 24.00
DISPOSITIVOS ESPECIAIS (CAIXAS DE DESCARGA E VENTOSA; BLOCOS DE ANCORAGEM; VRP)				R\$ 3,353.57
EXECUÇÃO DE CAIXA EM ANEL E TAMPA EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO, INCLUINDO REGISTRO E CONEXÃO	UND	2	R\$ 1,666.72	R\$ 3,333.43
VÁLVULA DE GAVETA FERRO FUNDIDO COM BOLSAS E CUNHA DE BORRACHA PARA TUBOS DE PVC PBA COM CABEÇOTE EURO 24 PN 10 DN 50MM	UND	2	R\$ 368.75	R\$ 737.50
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO EXTERNO 1,20M X ALTURA 0,70M	UND	4	R\$ 150.00	R\$ 600.00
LAJE EXCENTRICA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO ARMADO DN 1,60M E FURO DN 0,60M	UND	2	R\$ 255.00	R\$ 510.00
TAMPÃO DN 600 COM TRAVA ARTICULADO CL400	UND	2	R\$ 736.45	R\$ 1,472.90
CONCRETO MAGRO E = 5 CM	M3	0.08	R\$ 162.88	R\$ 13.03
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0.32	R\$ 16.22	R\$ 5.19
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.08	R\$ 42.00	R\$ 3.36
BRITA Nº 1	M3	0.08	R\$ 56.00	R\$ 4.48
BLOCO DE ANCORAGEM MOLDADO NO LOCAL EM CONCRETO SIMPLES	UND	4	R\$ 5.04	R\$ 20.14
CONCRETO DE 20 MPA TRAÇO 1:3:2 (M³)	M3	0.04	R\$ 503.50	R\$ 20.14
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	1	R\$ 16.22	R\$ 16.22
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.04	R\$ 42.00	R\$ 1.68
BRITA Nº 1	M3	0.04	R\$ 56.00	R\$ 2.24
LIGAÇÕES DOMICILIARES				R\$ 30,179.14

HIDRÔMETRO MONOJATO, CLASSE METROLÓGICA "B" QN 1,5 M³/H E QMÁX 3,0 M³/H X 3/4" PARA SER USADO EM ÁGUA LIMPA, ATÉ 40°C.	UND	188	R\$ 56.50	R\$ 10,622.00
CAIXA EM POLIPROPILENO/POLICARBONATO PARA INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETRO 315X165X170MM - PADRÃO COMPESA	UND	188	R\$ 19.46	R\$ 3,658.48
COLAR DE TOMADA PVC DN/DE 60/70 MM COM SAÍDA ROSCÁVEL DE 1/2"	UND	178	R\$ 8.00	R\$ 1,424.00
ADAPTADOR DE COMPRESSÃO PARA PEAD ROSCA MACHO DN 20MM X 1/2"	UND	188	R\$ 2.50	R\$ 470.00
ADAPTADOR DE COMPRESSÃO PARA PEAD ROSCA MACHO DN 20MM X 3/4"	UND	188	R\$ 2.70	R\$ 507.60
TUBO PEAD PE 80 DN 20 MM NA COR AZUL	M	1316	R\$ 2.70	R\$ 3,553.20
UNIÃO DE POLIPROPILENO PARA TUBO PEAD DN 20 MM	UND	19	R\$ 5.00	R\$ 95.00
BUCHA DE REDUÇÃO ROSCÁVEL DN 3/4"X1/2"	M	188	R\$ 0.55	R\$ 103.40
BUCHA DE REDUÇÃO ROSCÁVEL DN 25X20MM	UND	188	R\$ 0.26	R\$ 48.88
LUVA MISTA PVC SOLDÁVEL ROSCÁVEL 3/4"X25MM	UND	188	R\$ 1.30	R\$ 244.40
CAP PVC ROSCÁVEL DN 3/4"	UND	188	R\$ 1.50	R\$ 282.00
BASE PARA SUPORTE EM CONCRETO ARMADO PARA CAIXA D'ÁGUA DE 1000L	M³	47	R\$ 195.11	R\$ 9,170.18
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	376	R\$ 16.22	R\$ 6,098.72
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	31.77	R\$ 42.00	R\$ 1,334.34
BRITA Nº 1	M3	31.02	R\$ 56.00	R\$ 1,737.12
TESTE E CADASTRO DE REDE				R\$ 1,168.50
TESTE DA REDE	M	779	R\$ 1.50	R\$ 1,168.50
2ª SUB-ETAPA	LOTE	150	R\$ 669.25	R\$ 100,387.94
SERVIÇOS PRELIMINARES				R\$ 1,018.50

LOCAÇÃO DE REDE DE ÁGUA E ESGOTO	M	679	R\$ 1.50	R\$ 1,018.50
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA				R\$ 67,549.20
ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M3/111 HP), LARGURA ATÉ 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA.	UND	188	R\$ 83.64	R\$ 15,725.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.37	R\$ 30,000.00	R\$ 11,100.00
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.37	R\$ 12,500.00	R\$ 4,625.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 51 A 200 M COM CARREGADEIRA	M3	1140.72	R\$ 2.79	R\$ 3,180.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.05	R\$ 30,000.00	R\$ 1,500.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.14	R\$ 12,000.00	R\$ 1,680.00
SERVIÇO DE DETONAÇÃO	M3	172	R\$ 63.50	R\$ 10,922.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 3ª CATEGORIA EM VALAS	M3	206.4	R\$ 10.47	R\$ 2,160.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.02	R\$ 30,000.00	R\$ 600.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.13	R\$ 12,000.00	R\$ 1,560.00
AREIA LAVADA	M3	100.6	R\$ 40.00	R\$ 4,024.00
REATERRO COMPACTADO MECANICAMENTE EM CAMADAS DE 0,20M COM APROVEITAMENTO DO MATERIAL ESCAVADO - COM COMPACTADOR MECÂNICO	M3	755.47	R\$ 20.73	R\$ 15,663.20
BARRO PARA ATERRO	M3	907	R\$ 17.00	R\$ 15,419.00
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (MENSAL)	MENSAL	0.37	R\$ 660.00	R\$ 244.20
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	1.27	R\$ 12,500.00	R\$ 15,875.00

ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES				R\$ 3,999.48
TUBO PVC PBA INJETADO CLASSE 12 COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 50MM	UND	129	R\$ 30.50	R\$ 3,934.50
PASTA LUBRIFICANTE PARA USO EM TUBOS DE PVC COM ANEL DE BORRACHA 0,9KG	UND	2	R\$ 13.74	R\$ 27.48
CONEXÕES	UND	5	R\$ 7.50	R\$ 37.50
CAP PVC PBA INJETADO COM JUNTA ELÁSTICA DN 50MM	UND	3	R\$ 4.50	R\$ 13.50
REDUÇÃO PVC PBA INJETADO COM PONTA E BOLSA DN 75X50MM	UND	2	R\$ 12.00	R\$ 24.00
DISPOSITIVOS ESPECIAIS (CAIXAS DE DESCARGA E VENTOSA; BLOCOS DE ANCORAGEM; VRP)				R\$ 2,753.57
EXECUÇÃO DE CAIXA EM ANEL E TAMPA EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADOA EM CONCRETO ARMADO, INCLUINDO REGISTRO E CONEXÃO	UND	2	R\$ 1,366.72	R\$ 2,733.43
VÁLVULA DE GAVETA FERRO FUNDIDO COM BOLSAS E CUNHA DE BORRACHA PARA TUBOS DE PVC PBA COM CABEÇOTE EURO 24 PN 10 DN 50MM	UND	2	R\$ 368.75	R\$ 737.50
VÁLVULA DE GAVETA FERRO FUNDIDO COM BOLSAS E CUNHA DE BORRACHA PARA TUBOS DE PVC PBA COM CABEÇOTE EURO 24 PN 10 DN 75MM	UND	0	R\$ -	R\$ -
LAJE EXCENTRICA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO ARMADO DN 1,20M E FURO DN 0,60M	UND	2	R\$ 255.00	R\$ 510.00
TAMPÃO DN 600 COM TRAVA ARTICULADO CL400	UND	2	R\$ 736.45	R\$ 1,472.90
CONCRETO MAGRO E = 5 CM	M3	0.08	R\$ 162.88	R\$ 13.03
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0.32	R\$ 16.22	R\$ 5.19
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.08	R\$ 42.00	R\$ 3.36
BRITA Nº 1	M3	0.08	R\$ 56.00	R\$ 4.48
BLOCO DE ANCORAGEM MOLDADO NO LOCAL EM CONCRETO SIMPLES	UND	5	R\$ 4.03	R\$ 20.14
CONCRETO DE 20 MPA TRAÇO 1:3:2 (M³)	M3	0.04	R\$ 503.50	R\$ 20.14
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	1	R\$ 16.22	R\$ 16.22
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.04	R\$ 42.00	R\$ 1.68
BRITA Nº 1	M3	0.04	R\$ 56.00	R\$ 2.24

LIGAÇÕES DOMICILIARES				R\$ 24,048.69
HIDRÔMETRO MONOJATO, CLASSE METROLÓGICA "B" QN 1,5 M³/H E QMÁX 3,0 M³/H X 3/4" PARA SER USADO EM ÁGUA LIMPA, ATÉ 40°C.	UND	151	R\$ 56.50	R\$ 8,531.50
CAIXA EM POLIPROPILENO/POLICARBONATO PARA INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETRO 315X165X170MM - PADRÃO COMPESA	UND	151	R\$ 19.46	R\$ 2,938.46
COLAR DE TOMADA PVC DN/DE 60/70 MM COM SAÍDA ROSCÁVEL DE 1/2"	UND	143	R\$ 8.00	R\$ 1,144.00
ADAPTADOR DE COMPRESSÃO PARA PEAD ROSCA MACHO DN 20MM X 1/2"	UND	151	R\$ 2.50	R\$ 377.50
ADAPTADOR DE COMPRESSÃO PARA PEAD ROSCA MACHO DN 20MM X 3/4"	UND	151	R\$ 2.70	R\$ 407.70
TUBO PEAD PE 80 DN 20 MM NA COR AZUL	M	1057	R\$ 2.70	R\$ 2,853.90
UNIÃO DE POLIPROPILENO PARA TUBO PEAD DN 20 MM	UND	16	R\$ 5.00	R\$ 80.00
BUCHA DE REDUÇÃO ROSCÁVEL DN 3/4"X1/2"	UND	151	R\$ 0.55	R\$ 83.05
BUCHA DE REDUÇÃO ROSCÁVEL DN 25X20MM	UND	151	R\$ 0.26	R\$ 39.26
LUVA MISTA PVC SOLDÁVEL ROSCÁVEL 3/4"X25MM	UND	151	R\$ 1.30	R\$ 196.30
CAP PVC ROSCÁVEL DN 3/4"	UND	151	R\$ 1.50	R\$ 226.50
BASE PARA SUPORTE EM CONCRETO ARMADO PARA CAIXA D'ÁGUA DE 1000L	M³	36.75	R\$ 195.12	R\$ 7,170.52
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	294	R\$ 16.22	R\$ 4,768.68
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	24.84	R\$ 42.00	R\$ 1,043.28
BRITA Nº 1	M3	24.26	R\$ 56.00	R\$ 1,358.56
TESTE E CADASTRO DE REDE				R\$ 1,018.50
TESTE DA REDE	M	679	R\$ 1.50	R\$ 1,018.50
3ª SUB-ETAPA	LOTE	77	R\$ 707.98	R\$ 54,514.58

SERVIÇOS PRELIMINARES				R\$ 489.00
LOCAÇÃO DE REDE DE ÁGUA E ESGOTO	M	326	R\$ 1.50	R\$ 489.00
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA				R\$ 34,299.40
ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M3/111 HP), LARGURA ATÉ 1,5 M, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA.	M3	426.6	R\$ 18.93	R\$ 8,075.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.19	R\$ 30,000.00	R\$ 5,700.00
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.19	R\$ 12,500.00	R\$ 2,375.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 51 A 200 M COM CARREGADEIRA	M3	547.68	R\$ 3.18	R\$ 1,740.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.03	R\$ 30,000.00	R\$ 900.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.07	R\$ 12,000.00	R\$ 840.00
SERVIÇO DE DETONAÇÃO	M3	86	R\$ 63.50	R\$ 5,461.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 3ª CATEGORIA EM VALAS	LOTE	77	R\$ 14.81	R\$ 1,140.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.01	R\$ 30,000.00	R\$ 300.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.07	R\$ 12,000.00	R\$ 840.00
AREIA LAVADA	M3	48.3	R\$ 40.00	R\$ 1,932.00
REATERRO COMPACTADO MECANICAMENTE EM CAMADAS DE 0,20M COM APROVEITAMENTO DO MATERIAL ESCAVADO - COM COMPACTADOR MECÂNICO	M3	426.6	R\$ 18.35	R\$ 7,826.40
BARRO PARA ATERRO	M3	453	R\$ 17.00	R\$ 7,701.00
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (MENSAL)	MENSAL	0.19	R\$ 660.00	R\$ 125.40

ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.65	R\$ 12,500.00	R\$ 8,125.00
ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES				R\$ 1,918.24
TUBO PVC PBA INJETADO CLASSE 12 COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 50MM	UND	62	R\$ 30.50	R\$ 1,891.00
PASTA LUBRIFICANTE PARA USO EM TUBOS DE PVC COM ANEL DE BORRACHA 0,9KG	UND	1	R\$ 13.74	R\$ 13.74
CONEXÕES	UND	3	R\$ 4.50	R\$ 13.50
CAP PVC PBA INJETADO COM JUNTA ELÁSTICA DN 50MM	UND	3	R\$ 4.50	R\$ 13.50
DISPOSITIVOS ESPECIAIS (CAIXAS DE DESCARGA E VENTOSA; BLOCOS DE ANCORAGEM; VRP)				R\$ 5,020.29
EXECUÇÃO DE CAIXA EM ANEL E TAMPA EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO, INCLUINDO REGISTRO E CONEXÃO	UND	3	R\$ 1,666.72	R\$ 5,000.15
VÁLVULA DE GAVETA FERRO FUNDIDO COM BOLSAS E CUNHA DE BORRACHA PARA TUBOS DE PVC PBA COM CABEÇOTE EURO 24 PN 10 DN 50MM	UND	3	R\$ 368.75	R\$ 1,106.25
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO EXTERNO 1,20M X ALTURA 0,70M	UND	6	R\$ 150.00	R\$ 900.00
LAJE EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO ARMADO DN 1,20M E FURO DN 0,60M	UND	3	R\$ 255.00	R\$ 765.00
TAMPÃO DN 600 COM TRAVA ARTICULADO CL400	UND	3	R\$ 736.45	R\$ 2,209.35
CONCRETO MAGRO E = 5 CM	M3	0.12	R\$ 162.88	R\$ 19.55
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0.48	R\$ 16.22	R\$ 7.79
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.12	R\$ 42.00	R\$ 5.04
BRITA Nº 1	M3	0.12	R\$ 56.00	R\$ 6.72
BLOCO DE ANCORAGEM MOLDADO NO LOCAL EM CONCRETO SIMPLES	UND	3	R\$ 6.71	R\$ 20.14
CONCRETO DE 20 MPA TRAÇO 1:3:2 (M³)	M3	0.04	R\$ 503.50	R\$ 20.14
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	1	R\$ 16.22	R\$ 16.22
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.04	R\$ 42.00	R\$ 1.68
BRITA Nº 1	M3	0.04	R\$ 56.00	R\$ 2.24

LIGAÇÕES DOMICILIARES				R\$ 12,298.65
HIDRÔMETRO MONOJATO, CLASSE METROLÓGICA "B" QN 1,5 M³/H E QMÁX 3,0 M³/H X 3/4" PARA SER USADO EM ÁGUA LIMPA, ATÉ 40°C.	UND	77	R\$ 56.50	R\$ 4,350.50
CAIXA EM POLIPROPILENO/POLICARBONATO PARA INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETRO 315X165X170MM - PADRÃO COMPESA	UND	77	R\$ 19.46	R\$ 1,498.42
COLAR DE TOMADA PVC DN/DE 60/70 MM COM SAÍDA ROSCÁVEL DE 1/2"	UND	65	R\$ 8.00	R\$ 520.00
ADAPTADOR DE COMPRESSÃO PARA PEAD ROSCA MACHO DN 20MM X 1/2"	UND	77	R\$ 2.50	R\$ 192.50
ADAPTADOR DE COMPRESSÃO PARA PEAD ROSCA MACHO DN 20MM X 3/4"	UND	77	R\$ 2.70	R\$ 207.90
TUBO PEAD PE 80 DN 20 MM NA COR AZUL	M	539	R\$ 2.70	R\$ 1,455.30
UNIÃO DE POLIPROPILENO PARA TUBO PEAD DN 20 MM	UND	8	R\$ 5.00	R\$ 40.00
BUCHA DE REDUÇÃO ROSCÁVEL DN 3/4"X1/2"	UND	77	R\$ 0.55	R\$ 42.35
BUCHA DE REDUÇÃO ROSCÁVEL DN 25X20MM	UND	77	R\$ 0.26	R\$ 20.02
LUVA MISTA PVC SOLDÁVEL ROSCÁVEL 3/4"X25MM	UND	77	R\$ 1.30	R\$ 100.10
CAP PVC ROSCÁVEL DN 3/4"	UND	77	R\$ 1.50	R\$ 115.50
BASE PARA SUPORTE EM CONCRETO ARMADO PARA CAIXA D'ÁGUA DE 1000L	M³	19.25	R\$ 195.12	R\$ 3,756.06
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	154	R\$ 16.22	R\$ 2,497.88
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	13.01	R\$ 42.00	R\$ 546.42
BRITA Nº 1	M3	12.71	R\$ 56.00	R\$ 711.76
TESTE E CADASTRO DE REDE				R\$ 489.00
TESTE DA REDE	M	326	R\$ 1.50	R\$ 489.00
TOTAL DOS INSUMOS DA				R\$ 276,531.11

TOTAL DA MÃO-DE-OBRA DA				R\$ 69,185.60
TOTAL DE SAA -				R\$ 345,716.71
TOTAL DE SAA - - POR LOTE				R\$ 833.05
6. SES				
SES NÃO-INCIDENTE				
SES NÃO-INCIDENTE	lote	415	R\$ 866.86	R\$ 359,746.90
SES NÃO-INCIDENTE PARA A ETAPA 2				R\$ 866.86
SES INCIDENTE				
SES - ETAPA 4	LOTE	415	R\$ 1,280.64	R\$ 531,465.78
1ª SUB-ETAPA	LOTE	188	R\$ 1,380.47	R\$ 259,527.84
SERVIÇOS PRELIMINARES				R\$ 3,648.00
LOCAÇÃO DE REDE DE ÁGUA E ESGOTO	M	2432	R\$ 1.50	R\$ 3,648.00
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA				R\$ 135,686.80
ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M3/111 HP), LARGURA ATÉ 1,5 M, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA.	M3	1460	R\$ 18.34	R\$ 26,775.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.63	R\$ 30,000.00	R\$ 18,900.00
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.63	R\$ 12,500.00	R\$ 7,875.00

ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 51 A 200 M COM CARREGADEIRA	M3	4085.76	R\$ 2.61	R\$ 10,680.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.16	R\$ 30,000.00	R\$ 4,800.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.49	R\$ 12,000.00	R\$ 5,880.00
SERVIÇO DE DETONAÇÃO	M3	292	R\$ 63.50	R\$ 18,542.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 3ª CATEGORIA EM VALAS	M3	350.4	R\$ 9.25	R\$ 3,240.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.02	R\$ 30,000.00	R\$ 600.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.22	R\$ 12,000.00	R\$ 2,640.00
AREIA LAVADA	M3	487.5	R\$ 40.00	R\$ 19,500.00
REATERRO COMPACTADO MECANICAMENTE EM CAMADAS DE 0,20M COM APROVEITAMENTO DO MATERIAL ESCAVADO - COM COMPACTADOR MECÂNICO	M3	938.94	R\$ 20.85	R\$ 19,574.80
BARRO PARA ATERRO	M3	1127	R\$ 17.00	R\$ 19,159.00
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (MENSAL)	MENSAL	0.63	R\$ 660.00	R\$ 415.80
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	2.99	R\$ 12,500.00	R\$ 37,375.00
ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES				R\$ 86,104.18
TUBO COLETOR DE ESGOTO COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 150MM	UND	364	R\$ 101.50	R\$ 36,946.00
TUBO COLETOR DE ESGOTO COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 200MM	UND	0	R\$ 158.00	R\$ -
TUBO COLETOR DE ESGOTO COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 300MM	UND	102	R\$ 481.00	R\$ 49,062.00
PASTA LUBRIFICANTE PARA USO EM TUBOS DE PVC COM ANEL DE BORRACHA 0,9KG	UND	7	R\$ 13.74	R\$ 96.18
POÇOS DE VISITA, CAIXAS DE INSPEÇÃO E PROTEÇÃO DA TUBULAÇÃO				R\$ 30,440.86

EXECUÇÃO DE CAIXA DE POÇOS DE VISITA COM TAMPA EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO	UND	7	R\$ 671.35	R\$ 4,699.46
TAMPA EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO DN 1,14M X 0,20M	UND	7	R\$ 255.00	R\$ 1,785.00
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO EXTERNO 1,00M X ALTURA 0,70M	UND	20	R\$ 140.00	R\$ 2,800.00
CONCRETO MAGRO (1:4:8)	M3	0.7313845	R\$ 156.50	R\$ 114.46
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	3	R\$ 16.22	R\$ 48.66
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.5	R\$ 42.00	R\$ 21.00
BRITA Nº 1	M3	0.8	R\$ 56.00	R\$ 44.80
EXECUÇÃO DE CAIXA DE INSPEÇÃO DE CALÇADA E TAMPA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO	UND	198	R\$ 130.01	R\$ 25,741.40
TAMPA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO DN 0,74M X 0,07M	UND	198	R\$ 34.00	R\$ 6,732.00
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO INTERNO 0,60M X ALTURA 0,40M	UND	396	R\$ 45.00	R\$ 17,820.00
CONCRETO MAGRO E = 5 CM	M3	8.377677	R\$ 141.97	R\$ 1,189.40
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	30	R\$ 16.22	R\$ 486.60
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	5.4	R\$ 42.00	R\$ 226.80
BRITA Nº 1	M3	8.5	R\$ 56.00	R\$ 476.00
TESTE E CADASTRO DA REDE				R\$ 3,648.00
TESTE DA REDE	M	2432	R\$ 1.50	R\$ 3,648.00
2ª SUB-ETAPA	LOTE	150	R\$ 963.77	R\$ 144,565.92
SERVIÇOS PRELIMINARES				R\$ 2,236.50
LOCAÇÃO DE REDE DE ÁGUA E ESGOTO	M	1491	R\$ 1.50	R\$ 2,236.50
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA				R\$ 89,381.90

ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE ENTRE 1,5 E 3,0M COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M3 / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM VIAS NÃO URBANAS	M3	895	R\$ 18.52	R\$ 16,575.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.39	R\$ 30,000.00	R\$ 11,700.00
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.39	R\$ 12,500.00	R\$ 4,875.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 51 A 200 M COM CARREGADEIRA	M3	2236.5	R\$ 2.66	R\$ 5,940.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.09	R\$ 30,000.00	R\$ 2,700.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.27	R\$ 12,000.00	R\$ 3,240.00
SERVIÇO DE DETONAÇÃO	M3	179	R\$ 63.50	R\$ 11,366.50
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 3ª CATEGORIA EM VALAS	M3	214.8	R\$ 10.61	R\$ 2,280.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.02	R\$ 30,000.00	R\$ 600.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.14	R\$ 12,000.00	R\$ 1,680.00
AREIA LAVADA	M3	288.5	R\$ 40.00	R\$ 11,540.00
REATERRO COMPACTADO MECANICAMENTE EM CAMADAS DE 0,20M COM APROVEITAMENTO DO MATERIAL ESCAVADO - COM COMPACTADOR MECÂNICO	M3	578.69	R\$ 20.83	R\$ 12,055.40
BARRO PARA ATERRO	M3	694	R\$ 17.00	R\$ 11,798.00
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (MENSAL)	MENSAL	0.39	R\$ 660.00	R\$ 257.40
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	2.37	R\$ 12,500.00	R\$ 29,625.00
ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES				R\$ 30,297.94
TUBO COLETOR DE ESGOTO COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 150MM	UND	265	R\$ 101.50	R\$ 26,897.50
TUBO COLETOR DE ESGOTO COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 200MM	UND	21	R\$ 158.00	R\$ 3,318.00

TUBO COLETOR DE ESGOTO COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 300MM	UND	0	R\$ 481.00	R\$ -
PASTA LUBRIFICANTE PARA USO EM TUBOS DE PVC COM ANEL DE BORRACHA 0,9KG	UND	6	R\$ 13.74	R\$ 82.44
POÇOS DE VISITA, CAIXAS DE INSPEÇÃO E PROTEÇÃO DA TUBULAÇÃO				R\$ 20,413.08
EXECUÇÃO DE CAIXA DE POÇOS DE VISITA COM TAMPA EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO	UND	0	#DIV/0!	R\$ -
TAMPA EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO DN 1,14M X 0,20M	UND	0	R\$ 255.00	R\$ -
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO EXTERNO 1,00M X ALTURA 0,70M	UND	0	R\$ 140.00	R\$ -
CONCRETO MAGRO (1:4:8)	M3	0	#DIV/0!	#DIV/0!
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0	R\$ 16.22	R\$ -
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0	R\$ 42.00	R\$ -
BRITA Nº 1	M3	0	R\$ 56.00	R\$ -
EXECUÇÃO DE CAIXA DE INSPEÇÃO DE CALÇADA E TAMPA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO	UND	157	R\$ 130.02	R\$ 20,413.08
TAMPA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO DN 0,74M X 0,07M	UND	157	R\$ 34.00	R\$ 5,338.00
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO INTERNO 0,60M X ALTURA 0,40M	UND	314	R\$ 45.00	R\$ 14,130.00
CONCRETO MAGRO E = 5 CM	M3	6.6429055	R\$ 142.27	R\$ 945.08
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	24	R\$ 16.22	R\$ 389.28
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	4.3	R\$ 42.00	R\$ 180.60
BRITA Nº 1	M3	6.7	R\$ 56.00	R\$ 375.20
TESTE E CADASTRO DA REDE				R\$ 2,236.50
TESTE DA REDE	M3	1491	R\$ 1.50	R\$ 2,236.50
3ª SUB-ETAPA	LOTE	77	R\$ 1,034.79	R\$ 79,678.72

SERVIÇOS PRELIMINARES				R\$ 1,252.50
LOCAÇÃO DE REDE DE ÁGUA E ESGOTO	M	835	R\$ 1.50	R\$ 1,252.50
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA				R\$ 48,789.70
ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE ENTRE 1,5 E 3,0M COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M3 / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM VIAS NÃO URBANAS	M3	501	R\$ 18.66	R\$ 9,350.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.22	R\$ 30,000.00	R\$ 6,600.00
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.22	R\$ 12,500.00	R\$ 2,750.00
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA COM DMT 51 A 200 M COM CARREGADEIRA	M3	1252.5	R\$ 2.63	R\$ 3,300.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.05	R\$ 30,000.00	R\$ 1,500.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.15	R\$ 12,000.00	R\$ 1,800.00
SERVIÇO DE DETONAÇÃO	M3	101	R\$ 63.50	R\$ 6,413.50
ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 3ª CATEGORIA EM VALAS	M3	121.2	R\$ 10.40	R\$ 1,260.00
ALUGUEL DE ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (MENSAL)	MENSAL	0.01	R\$ 30,000.00	R\$ 300.00
ALUGUEL DE CAMINHÃO CAÇAMBA (MENSAL)	MENSAL	0.08	R\$ 12,000.00	R\$ 960.00
AREIA LAVADA	M3	162.3	R\$ 40.00	R\$ 6,492.00
REATERRO COMPACTADO MECANICAMENTE EM CAMADAS DE 0,20M COM APROVEITAMENTO DO MATERIAL ESCAVADO - COM COMPACTADOR MECÂNICO	M3	322.5	R\$ 20.85	R\$ 6,724.20
BARRO PARA ATERRO	M3	387	R\$ 17.00	R\$ 6,579.00
ALUGUEL DE COMPACTADOR TIPO SAPINHO (MENSAL)	MENSAL	0.22	R\$ 660.00	R\$ 145.20
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	1.22	R\$ 12,500.00	R\$ 15,250.00

ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES				R\$ 17,582.96
TUBO COLETOR DE ESGOTO COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 150MM	UND	140	R\$ 101.50	R\$ 14,210.00
TUBO COLETOR DE ESGOTO COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 200MM	UND	21	R\$ 158.00	R\$ 3,318.00
TUBO COLETOR DE ESGOTO COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA 6M DN 300MM	UND	0	R\$ 780.00	R\$ -
PASTA LUBRIFICANTE PARA USO EM TUBOS DE PVC COM ANEL DE BORRACHA 0,9KG	UND	4	R\$ 13.74	R\$ 54.96
POÇOS DE VISITA, CAIXAS DE INSPEÇÃO E PROTEÇÃO DA TUBULAÇÃO				R\$ 10,801.06
EXECUÇÃO DE CAIXA DE POÇOS DE VISITA COM TAMPA EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO	R\$	0	#DIV/0!	R\$ -
TAMPA EXCÊNTRICA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO DN 1,14M X 0,20M	UND	0	R\$ 255.00	R\$ -
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO EXTERNO 1,00M X ALTURA 0,70M	UND	0	R\$ 140.00	R\$ -
CONCRETO MAGRO (1:4:8)	M3	0	#DIV/0!	#DIV/0!
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	0	R\$ 16.22	R\$ -
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0	R\$ 42.00	R\$ -
BRITA Nº 1	M3	0	R\$ 56.00	R\$ -
EXECUÇÃO DE CAIXA DE INSPEÇÃO DE CALÇADA E TAMPA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO	R\$	83	R\$ 130.13	R\$ 10,801.06
TAMPA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO ARMADO DN 0,74M X 0,07M	UND	83	R\$ 34.00	R\$ 2,822.00
ANEL PRÉ-MOLDADO EM CONCRETO ARMADO - DIÂMETRO INTERNO 0,60M X ALTURA 0,40M	UND	166	R\$ 45.00	R\$ 7,470.00
CONCRETO MAGRO E = 5 CM	M3	3.5118545	R\$ 144.95	R\$ 509.06
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	13	R\$ 16.22	R\$ 210.86
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	2.3	R\$ 42.00	R\$ 96.60
BRITA Nº 1	M3	3.6	R\$ 56.00	R\$ 201.60

TESTE E CADASTRO DA REDE				R\$ 1,252.50
TESTE DA REDE	M	835	R\$ 1.50	R\$ 1,252.50
TOTAL DOS INSUMOS DA				R\$ 483,772.48
TOTAL DA MÃO-DE-OBRA DA				R\$ 47,693.30
TOTAL DE SES -				R\$ 531,465.78
TOTAL DE SES - - POR LOTE				R\$ 1,280.64
7. ENERGIA ELÉTRICA				
ENERGIA ELÉTRICA NÃO-INCIDENTE				
DESLOCAMENTO DE REDE EXISTENTE	lote	415	R\$ -	R\$ -
DESLOCAMENTO DE REDE EXISTENTE				
ENERGIA ELÉTRICA INCIDENTE				
ENERGIA ELÉTRICA -	LOTE	415	R\$ 547.42	R\$ 227,178.67
1ª SUB-ETAPA	LOTE	188	R\$ 453.97	R\$ 85,346.51
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA TERCEIRIZADA PARA FORNECIMENTO DE MATERIAL E EXECUÇÃO DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA, INCLUINDO EXTENSÃO DE REDE E INSTALAÇÃO DE LUMINÁRIAS COM LÂMPADAS A VAPOR DE SÓDIO 70W, INCLUSIVE SENSOR, REATOR E BRAÇO DA LUMINÁRIA	UND	0.45	R\$ 55,392.91	R\$ 24,926.81
LUMINÁRIAS COM LÂMPADAS A VAPOR METÁLICO 70W, INCLUSIVE SENSOR, REATOR E BRAÇO DA LUMINÁRIA	UND	30	R\$ 340.00	R\$ 10,200.00
POSTES	UND	188	R\$ 235.48	R\$ 44,270.00

POSTE DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO COM 5M	UND	111	R\$ 215.00	R\$ 23,865.00
POSTE DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO COM 7M	UND	77	R\$ 265.00	R\$ 20,405.00
BASE DE CONCRETO PARA O POSTE NO TRAÇO 1:2:3	M3	15.04	R\$ 129.63	R\$ 1,949.70
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	60	R\$ 16.22	R\$ 973.20
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	7.85	R\$ 42.00	R\$ 329.70
BRITA Nº 1	M3	11.55	R\$ 56.00	R\$ 646.80
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.32	R\$ 12,500.00	R\$ 4,000.00
2ª SUB-ETAPA	LOTE	150	R\$ 461.49	R\$ 69,224.25
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA TERCEIRIZADA PARA FORNECIMENTO DE MATERIAL E EXECUÇÃO DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA, INCLUINDO EXTENSÃO DE REDE E INSTALAÇÃO DE LUMINÁRIAS COM LÂMPADAS A VAPOR DE SÓDIO 70W, INCLUSIVE SENSOR, REATOR E BRAÇO DA LUMINÁRIA	UND	0.36	R\$ 55,392.91	R\$ 19,941.45
LUMINÁRIAS COM LÂMPADAS A VAPOR METÁLICO 70W, INCLUSIVE SENSOR, REATOR E BRAÇO DA LUMINÁRIA	UND	25	R\$ 340.00	R\$ 8,500.00
POSTES	UND	150	R\$ 240.67	R\$ 36,100.00
POSTE DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO COM 5M	UND	73	R\$ 215.00	R\$ 15,695.00
POSTE DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO COM 7M	UND	77	R\$ 265.00	R\$ 20,405.00
BASE DE CONCRETO PARA O POSTE NO TRAÇO 1:2:3	M3	12	R\$ 129.82	R\$ 1,557.80
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	48	R\$ 16.22	R\$ 778.56
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	6.26	R\$ 42.00	R\$ 262.92
BRITA Nº 1	M3	9.22	R\$ 56.00	R\$ 516.32
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.25	R\$ 12,500.00	R\$ 3,125.00

3ª SUB-ETAPA	LOTE	77	R\$ 472.21	R\$ 36,360.27
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA TERCEIRIZADA PARA FORNECIMENTO DE MATERIAL E EXECUÇÃO DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA, INCLUINDO EXTENSÃO DE REDE E INSTALAÇÃO DE LUMINÁRIAS COM LÂMPADAS A VAPOR DE SÓDIO 70W, INCLUSIVE SENSOR, REATOR E BRAÇO DA LUMINÁRIA	UND	0.19	R\$ 55,392.91	R\$ 10,524.65
LUMINÁRIAS COM LÂMPADAS A VAPOR METÁLICO 70W, INCLUSIVE SENSOR, REATOR E BRAÇO DA LUMINÁRIA	UND	15	R\$ 340.00	R\$ 5,100.00
POSTES	UND	77	R\$ 237.73	R\$ 18,305.00
POSTE DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO COM 5M	UND	42	R\$ 215.00	R\$ 9,030.00
POSTE DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO COM 7M	UND	35	R\$ 265.00	R\$ 9,275.00
BASE DE CONCRETO PARA O POSTE NO TRAÇO 1:2:3	M3	6.16	R\$ 130.78	R\$ 805.62
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	25	R\$ 16.22	R\$ 405.50
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	3.22	R\$ 42.00	R\$ 135.24
BRITA Nº 1	M3	4.73	R\$ 56.00	R\$ 264.88
ALUGUEL DE RETROESCAVADEIRA (MENSAL)	MENSAL	0.13	R\$ 12,500.00	R\$ 1,625.00
TOTAL DOS INSUMOS DA				R\$ 190,931.03
TOTAL DA MÃO-DE-OBRA DA				R\$ 36,247.64
TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA -				R\$ 227,178.67
TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA - - POR LOTE				R\$ 547.42
SINALIZAÇÃO				
SINALIZAÇÃO -	LOTE	415	R\$ 14.62	R\$ 6,068.76

1ª SUB-ETAPA	LOTE	188	R\$ 11.64	R\$ 2,187.92
PLACA DE TRÂNSITO	UND	7.00	R\$ 55.00	R\$ 385.00
POSTE DE IDENTIFICAÇÃO DE RUA	UND	4.00	R\$ 425.00	R\$ 1,700.00
BASE PARA SUPORTE EM CONCRETO	M³	0.50	R\$ 205.84	R\$ 102.92
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	4	R\$ 16.22	R\$ 64.88
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.34	R\$ 42.00	R\$ 14.28
BRITA Nº 1	M3	0.33	R\$ 72.00	R\$ 23.76
2ª SUB-ETAPA	LOTE	150	R\$ 13.12	R\$ 1,967.92
PLACA DE TRÂNSITO	UND	3.00	R\$ 55.00	R\$ 165.00
POSTE DE IDENTIFICAÇÃO DE RUA	UND	4.00	R\$ 425.00	R\$ 1,700.00
BASE PARA SUPORTE EM CONCRETO	M³	0.50	R\$ 205.84	R\$ 102.92
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	4	R\$ 16.22	R\$ 64.88
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.34	R\$ 42.00	R\$ 14.28
BRITA Nº 1	M3	0.33	R\$ 72.00	R\$ 23.76
3ª SUB-ETAPA	LOTE	77	R\$ 24.84	R\$ 1,912.92
PLACA DE TRÂNSITO	UND	2.00	R\$ 55.00	R\$ 110.00
POSTE DE IDENTIFICAÇÃO DE RUA	UND	4.00	R\$ 425.00	R\$ 1,700.00
BASE PARA SUPORTE EM CONCRETO	M³	0.50	R\$ 205.84	R\$ 102.92
SACO DE CIMENTO PORTLAND CPII-Z 32 50 KG	UND	4	R\$ 16.22	R\$ 64.88
AREIA MÉDIA INDUSTRIALIZADA	M3	0.34	R\$ 42.00	R\$ 14.28
BRITA Nº 1	M3	0.33	R\$ 72.00	R\$ 23.76
TOTAL DOS INSUMOS DA				R\$ 6,068.76
TOTAL DA MÃO-DE-OBRA DA				R\$ -

TOTAL DE SINALIZAÇÃO -	R\$ 6,068.76
TOTAL DE SINALIZAÇÃO - - POR LOTE	R\$ 14.62
TOTAL DA INFRAESTRUTURA DO HABITACIONAL 9	R\$ 5,401,217.87
TOTAL DA INFRAESTRUTURA DDO HABITACIONAL 9	R\$ 938,132.40
TOTAL DA INFRAESTRUTURA DDO HABITACIONAL 9	R\$ 4,463,085.47
INSUMOS/MÁQUINAS/SERVIÇOS	R\$ 3,551,013.62
MÃO-DE-OBRA	R\$ 906,003.09
TOTAL DA INFRAESTRUTURA DO HABITACIONAL 9 - - POR LOTE	R\$ 13,014.98
TOTAL DA INFRAESTRUTURA DO HABITACIONAL 9 - NÃO-INCIDENTE PARA A - POR LOTE	R\$ 2,260.56
TOTAL DA INFRAESTRUTURA DO HABITACIONAL 9 - INCIDENTE PARA A - POR LOTE	R\$ 10,754.42
INSUMOS/MÁQUINAS/SERVIÇOS	R\$ 8,571.28
MÃO-DE-OBRA	R\$ 2,183.14

APÊNDICE E – CODIGO FONTE PARA PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE

```
var cities = [];
var totalCities = 6;

var order = [];
var totalPermutations;
var count = 0;
var recordDistance;
var bestEver;
function setup() {
  createCanvas(400, 600);
  for (var i = 0; i < totalCities; i++) {
    var v = createVector(random(width), random(height / 2));
    cities[i] = v;
    order[i] = i;
  }
  var d = calcDistance(cities, order);
  recordDistance = d;
  bestEver = order.slice();
}
function draw() {
  background(0);
  // TO CHANGE THE FRAME RATE:
  // frameRate(5);
  fill(255);
  for (var i = 0; i < cities.length; i++) {
    ellipse(cities[i].x, cities[i].y, 8, 8);
  }
  // "BEST EVER" PATH
  stroke(255, 0, 255);
  strokeWeight(4);
  noFill();
  beginShape();
  for (var i = 0; i < order.length; i++) {
    var n = bestEver[i];
    vertex(cities[n].x, cities[n].y);
  }
  endShape();
  // CURRENT PATH
  translate(0, height / 2);
  stroke(255);
  strokeWeight(1);
  noFill();
  beginShape();
  for (var i = 0; i < order.length; i++) {
    var n = order[i];
    vertex(cities[n].x, cities[n].y);
  }
  endShape();
}
```

```

var d = calcDistance(cities, order);
if (d < recordDistance) {
  recordDistance = d;
  bestEver = order.slice();
  totalPermutations = factorial(totalCities);
  console.log(totalPermutations);
}
// TEXT
textSize(32);
// var s = "";
// for (var i = 0; i < order.length; i++) {
//   s += order[i];
// }
// fill(255);
var percent = 100 * (count / totalPermutations);
text(nf(percent, 0, 2) + "% completed", 20, height / 2 - 50);
nextOrder();
}
function swap(a, i, j) {
  var temp = a[i];
  a[i] = a[j];
  a[j] = temp;
}
function calcDistance(points, order) {
  var sum = 0;
  for (var i = 0; i < order.length - 1; i++) {
    var cityAIndex = order[i];
    var cityA = points[cityAIndex];
    var cityBIndex = order[i + 1];
    var cityB = points[cityBIndex];
    var d = dist(cityA.x, cityA.y, cityB.x, cityB.y);
    sum += d;
  }
  return sum;
}
// LEXICAL ORDERING
function nextOrder() {
  count++;
  // STEP 1 of the algorithm
  var largestI = -1;
  for (var i = 0; i < order.length - 1; i++) {
    if (order[i] < order[i + 1]) {
      largestI = i;
    }
  }
  if (largestI == -1) {
    noLoop();
    console.log("finished");
  }
}

```

```
// STEP 2
var largestJ = -1;
for (var j = 0; j < order.length; j++) {
  if (order[largestI] < order[j]) {
    largestJ = j;
  }
}
// STEP 3
swap(order, largestI, largestJ);
// STEP 4: reverse from largestI + 1 to the end
var endArray = order.splice(largestI + 1);
endArray.reverse();
order = order.concat(endArray);
}
function factorial(n) {
  if (n == 1) {
    return 1;
  } else {
    return n * factorial(n - 1);
  }
}
```

APÊNDICE F – CÓDIGO FONTE PARA PROBLEMA DO CAMINHO MÍNIMO

```
function removeFromArray(arr, elt) {
  for (var i = arr.length - 1; i >= 0; i--) {
    if (arr[i] == elt) {
      arr.splice(i, 1);
    }
  }
}

// HEURISTIC - THE "TAXI CAB" DISTANCE or "EUCLYDIAN" DISTANCE
(euclid in this case)
function heuristic(a, b) {
  var d = dist(a.i, a.j, b.i, b.j);
  return d;
}

var cols = 50;
var rows = 50;
var grid = new Array(cols);
var openSet = [];
var closedSet = [];
var start;
var end;
var w, h;
var path = [];
function Spot(i, j) {
  this.i = i;
  this.j = j;
  this.f = 0;
  this.g = 0;
  this.h = 0;
  this.neighbors = [];
  this.previous = undefined;
  this.wall = false;
  if (random(1) < 0.3) {
    this.wall = true;
  }
  this.show = function(col) {
    fill(col);
    if (this.wall) {
      fill(0);
    }
  }
  noStroke();
  rect(this.i * w, this.j * h, w - 1, h - 1);
};
this.addNeighbors = function() {
  var i = this.i;
  var j = this.j;
  if (i < cols - 1) {
```

```

this.neighbors.push(grid[i + 1][j]);
}
if (i > 0) {
this.neighbors.push(grid[i - 1][j]);
}
if (j < rows - 1) {
this.neighbors.push(grid[i][j + 1]);
}
if (j > 0) {
this.neighbors.push(grid[i][j - 1]);
}
// TO CONSIDER DIAGONAL NEIGHBORS:
// if (i > 0 && j > 0) {
// this.neighbors.push(grid[i - 1][j - 1]);
// }
// if (i < cols - 1 && j > 0) {
// this.neighbors.push(grid[i + 1][j - 1]);
// }
// if (i > 0 && j < rows - 1) {
// this.neighbors.push(grid[i - 1][j + 1]);
// }
// if (i < cols - 1 && j < rows - 1) {
// this.neighbors.push(grid[i + 1][j + 1]);
// }
};
}
function setup() {
createCanvas(400, 400);
console.log("A*");
w = width / cols;
h = height / rows;
// 2D ARRAY
for (var i = 0; i < cols; i++) {
grid[i] = new Array(rows);
}
// FILLING THE ARRAY
for (var i = 0; i < cols; i++) {
for (var j = 0; j < rows; j++) {
grid[i][j] = new Spot(i, j);
}
}
// ADDING NEIGHBORS
for (var i = 0; i < cols; i++) {
for (var j = 0; j < rows; j++) {
grid[i][j].addNeighbors(grid);
}
}
start = grid[0][0];
end = grid[cols - 1][rows - 1];

```

```

start.wall = false;
end.wall = false;
openSet.push(start);
console.log(grid);
}
// The DRAW function, by default is an animation loop
function draw() {
  if (openSet.length > 0) {
    // keep going
    var winner = 0;
    for (var i = 0; i < openSet.length; i++) {
      if (openSet[i].f < openSet[winner].f) {
        winner = i;
      }
    }
    var current = openSet[winner];
    if (current === end) {
      noLoop();
      console.log(
        "the shortest path is done in " + ceil((current.g + 1) / 1.4) + "
        steps"
      );
    }
    removeFromArray(openSet, current);
    closedSet.push(current);
    var neighbors = current.neighbors;
    for (var i = 0; i < neighbors.length; i++) {
      var neighbor = neighbors[i];
      if (!closedSet.includes(neighbor) && !neighbor.wall) {
        var tempG = (neighbor.g = current.g + 1.4);
        // if considering diagonals, it has to be 1.4. IF not, okay to use
        1.
        var newPath = false;
        if (openSet.includes(neighbor)) {
          if (tempG < neighbor.g) {
            // In this case, the neighbor has a better G. Thus, a more
            efficiently way to get there.
            neighbor.g = tempG;
            newPath = true;
          }
        } else {
          neighbor.g = tempG;
          newPath = true;
          openSet.push(neighbor);
        }
        if (newPath) {
          neighbor.h = heuristic(neighbor, end);
          neighbor.f = neighbor.g + neighbor.h;
          neighbor.previous = current;

```

```
}  
}  
}  
} else {  
  // no solution  
  console.log("this scenario has no solution");  
  noLoop();  
  return;  
}  
background(0);  
for (var i = 0; i < cols; i++) {  
  for (var j = 0; j < rows; j++) {  
    grid[i][j].show(color(255));  
  }  
}  
for (var i = 0; i < closedSet.length; i++) {  
  closedSet[i].show(color(255, 0, 0));  
}  
for (var i = 0; i < openSet.length; i++) {  
  openSet[i].show(color(0, 255, 0));  
}  
// Find the optimal path  
path = [];  
var temp = current;  
path.push(temp);  
while (temp.previous) {  
  path.push(temp.previous);  
  temp = temp.previous;  
}  
for (var i = 0; i < path.length; i++) {  
  path[i].show(color(0, 0, 255));  
}  
}
```

