



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

Sindy Nepomuceno Lima

## UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA ORÇAMENTAÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO E DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Palmas – TO

2016/2

Sindy Nepomuceno Lima

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA ORÇAMENTAÇÃO DE  
REDES COLETORAS DE ESGOTO E DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), orientado pelo Prof. Especialista Dênis Cardoso Parente.

Palmas – TO

2016/2

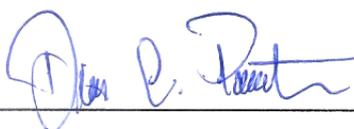
Sindy Nepomuceno Lima

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA ORÇAMENTAÇÃO DE  
REDES COLETORAS DE ESGOTO E DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), orientado pelo Prof. Especialista Dênis Cardoso Parente.

Aprovado em: 11 / 11 / 16

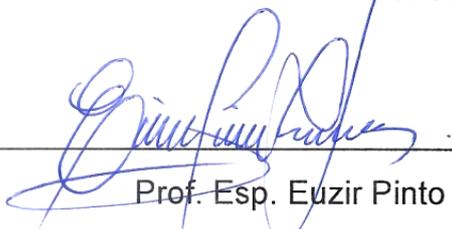
BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Esp. Dênis Cardoso Parente

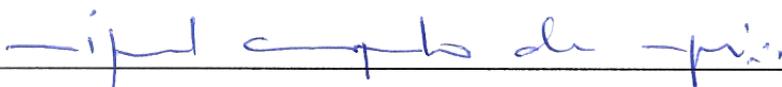
Centro Universitário Luterano de Palmas



---

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Centro Universitário Luterano de Palmas



---

Prof. Esp. Miguel Ângelo de Negri

Centro Universitário Luterano de Palmas

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me proporcionado essa conquista, por ter me permitido chegar até aqui;

À minha família, que sempre acreditou em mim;

Aos meus amigos, porque sem eles essa jornada teria sido mais difícil e menos feliz;

Ao meu orientador por todo ensinamento, orientações e correções;

Agradeço a todos que contribuíram para a realização desse propósito.

## RESUMO

LIMA, Sindy Nepomuceno. **UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA ORÇAMENTAÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO E DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.** 2016. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ulbra - Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2016.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a confiabilidade da utilização de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) na orçamentação de redes coletoras de esgoto e de abastecimento de água. Consistindo em identificar, por meio de imagens ortorretificadas, os tipos de revestimentos e levantamento de quantitativo, especificamente para os itens de demolição, retirada e recomposição de passeios e pavimentos. A utilização dessas imagens visa uma melhor precisão no orçamento de projetos dessas redes, visto que a prática utilizada para a alimentação desses itens em um orçamento é feita por meio de inspeção visual *in loco* ou por estimação, sendo uma prática dispendiosa, lenta e imprecisa. O objeto de estudo desse trabalho consiste no setor Bertaville, Região Sul, Palmas -TO. A ferramenta estudada mostrou-se eficiente, pois possibilitou verificar através da resolução das imagens os tipos de revestimento, como também o levantamento do quantitativo por meio do ortomosaico, que por sua vez apresentou variação de baixa relevância em relação às medidas reais.

**Palavras chaves:** Veículo Aéreo não Tripulado (VANT), orçamento e revestimento.

## ABSTRACT

LIMA, Sindy Nepomuceno. **USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLE IN SEWER AND WATER SUPPLY NETWORK BUDGETING**. 2016. 44 p. **final course assignment** (Bachelor in Civil Engineering). ULBRA - Lutheran University Center of Palmas, Palmas, TO.

This study aims to analyze the reliability of the use of unmanned aerial vehicle (UAV) in budgeting sewage and water supply systems. Consisting of identifying, through orthorectified images, types of revetment and quantitative survey, specifically for demolition items, removal and rebuilding of sidewalks and pavements. The use of these images aims to improved precision in the budget of projects of such networks since the practice used to feed these items in a budget is made by visual inspection on site or estimation, being a costly, slow and inaccurate practice. The object of study of this work is the Bertaville sector, South Region, Palmas -TO. This studied tool proved efficient because it allowed the verification through the resolution of the images the types of revetment, as well as survey the quantitative through orthomosaic, which in turn presented a variation of low relevance in relation to real measures.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle (UAV), budget and revetment

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Base de Pavimento para recomposição de Vala de Esgoto Sanitário ..... | 18 |
| Figura 2: Rompimento de pavimento asfáltico .....                                | 20 |
| Figura 3 - Passeio com reposição de revestimento.....                            | 22 |
| Figura 4 - Ortomosaico gerado pelo Pix4D .....                                   | 26 |
| Figura 5 - Setor Bertaville.....   | 32 |
| Figura 6 - Estação base e rádio transmissor .....                                | 33 |
| Figura 7 - Medição no ArcGIS .....   | 37 |
| Figura 8 - Ponto 1 (Revestimento asfáltico) - Imagem do mosaico / Imagem in loco | 38 |
| Figura 9 - Ponto 4 (Terreno natural) - Imagem mosaico / Imagem in loco .....     | 39 |
| Figura 10 - Ponto B (Intertravado sextavado) - Imagem mosaico / Imagem In loco.. | 39 |
| Figura 11 - Ponto D (Concreto) - Imagem mosaico / Imagem in loco.....            | 40 |
| Figura 12 - Ponto H (Gramma) - Imagem mosaico / Imagem In loco .....             | 40 |
| Figura 13 - Pontos escolhidos no ortomosaico.....                                | 44 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Custos percentuais das diversas partes de uma obra de esgoto ..... | 17 |
| Tabela 2 - Dados pavimentos das travessias.....                               | 41 |
| Tabela 3 - Dados revestimentos dos passeios.....                              | 41 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Especificações técnicas do eBee.....         | 33 |
| Quadro 2 - Características técnicas Canon S110 RGB..... | 34 |
| Quadro 3 - Especificações técnicas do eBee.....         | 35 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |  |
|---------|--|
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas               |
| ASPRS   | American Society for Photogrammetry and Remote Sensing |
| COPASA  | Companhia de Saneamento de Minas Gerais                |
| GPS     | Sistema de Posicionamento Global                       |
| NBR     | Norma Brasileira                                       |
| PV      | Posto de visita  |
| SANEPAR | Companhia de Saneamento do Paraná                      |
| SIG     | Sistema de Informação Geográfica                       |
| VANT    | Veículo aéreo não tripulado                            |
| UTM     | Universal Transversa de Mercator                       |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>  | <b>13</b> |
| 1.1      | PROBLEMA DE PESQUISA   | 14        |
| 1.2      | OBJETIVOS  | 14        |
| 1.2.1    | <b>Objetivo Geral</b>  | <b>14</b> |
| 1.2.2    | <b>Objetivos Específicos</b>   | <b>14</b> |
| 1.3      | JUSTIFICATIVA  | 15        |
| 1.4      | ESTRUTURA DO TRABALHO  | 15        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>   | <b>16</b> |
| 2.1      | ORÇAMENTO DE PROJETOS DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE REDES COLETORAS DE ESGOTO SANITÁRIO | 16        |
| 2.2      | MÉTODO DESTRUTIVO DE EXECUÇÃO DE REDES   | 17        |
| 2.2.1    | <b>Execução de redes</b>   | <b>19</b> |
| 2.2.2    | <b>Locação</b>   | <b>19</b> |
| 2.2.3    | <b>Sinalização</b>   | <b>19</b> |
| 2.2.4    | <b>Rompimento do pavimento</b>   | <b>19</b> |
| 2.2.5    | <b>Escavação</b>   | <b>20</b> |
| 2.2.6    | <b>Escoramento</b>   | <b>21</b> |
| 2.2.7    | <b>Assentamento e preenchimento</b>  | <b>21</b> |
| 2.2.8    | <b>Reposição</b>   | <b>21</b> |
| 2.2.9    | <b>Cadastramento</b>   | <b>22</b> |
| 2.3      | GEOREFERENCIAMENTO   | 22        |
| 2.3.1    | <b>Geoprocessamento</b>  | <b>22</b> |
| 2.3.2    | <b>GPS (Global Positioning System)</b>   | <b>23</b> |
| 2.3.3    | <b>SIG</b>   | <b>23</b> |
| 2.4      | SENSORIAMENTO REMOTO   | 23        |
| 2.5      | FOTOGRAFIAS AÉREAS   | 23        |
| 2.5.1    | <b>Fotogrametria</b>   | <b>24</b> |
| 2.5.2    | <b>Fotointerpretação</b>   | <b>25</b> |
| 2.5.3    | <b>Ortomosaicos</b>  | <b>25</b> |
| 2.6      | VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS   | 27        |
| 2.6.1    | <b>Vantagens</b>   | <b>29</b> |
| 2.6.2    | <b>Desvantagens</b>  | <b>29</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2.6.3 Normativas</b> .....  | <b>30</b> |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....   | <b>31</b> |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO.....  | 31        |
| 3.2 MATERIAIS.....   | 32        |
| <b>3.2.1 eBee</b> .....  | <b>32</b> |
| <b>3.2.2 Câmeras</b> .....   | <b>33</b> |
| <b>3.2.3 Softwares</b> .....   | <b>34</b> |
| 3.3 PLANEJAMENTO DO VOO .....  | 34        |
| 3.4 SOBREPOSIÇÃO.....  | 35        |
| 3.5 EXECUÇÃO DE VOO .....  | 35        |
| 3.6 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.....   | 36        |
| 3.7 LEVANTAMENTO DOS DADOS EM CAMPO .....  | 36        |
| 3.8 LEVANTAMENTO DOS DADOS PELO ORTOMOSAICO .....                                  | 37        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....   | <b>38</b> |
| 4.1 FOTOINTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS .....  | 38        |
| 4.2 QUANTIFICAÇÃO DA METRAGEM DE CORTE/RECOMPOSIÇÃO DE PASSEIOS E TRAVESSIAS ..... | 40        |
| 4.3 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....  | 42        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....  | <b>45</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>46</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as duas alternativas existentes para a execução de redes Coletoras de Esgoto Sanitário e de Abastecimento de Água, o método destrutivo é a alternativa tradicional e mais utilizada, mesmo o método não destrutivo levar vantagens em alguns quesitos, como por exemplo, não necessitar fazer abertura de valas para a instalação de tubulações. Esse método consiste em realizar perfuração de forma subterrânea, onde se utiliza uma perfuratriz para fazer o furo piloto por rotação e injeção de água, depois sendo feito o alargamento do furo até a dimensão desejada (TÉCHNE, 2004).

Já o método destrutivo consiste na escavação de valas ao longo de toda a extensão da rede projetada, onde o sistema de tubulação é instalado de maneira direta na trincheira sobre um berço com materiais adequados (DEZOTTI, 2008). As valas são abertas desde a superfície até a cota onde a tubulação será instalada, sendo essa profundidade variável, de acordo com a especificação do projeto.

As condições para execução de redes são estabelecidas pela NBR 12266/92 (ABNT, 1992). A norma estabelece diretrizes para remoção do pavimento, abertura da vala, esgotamento, escoramento, assentamento, preenchimento da vala e por fim a recomposição do pavimento.

As características de cada revestimento existente, seja asfalto, calçadas, pavimento intertravado, etc., ditam as práticas de remoção e reposição, e consequentemente refletem no custo das obras. A identificação e o levantamento do quantitativo dos trechos pavimentados e calçados onde a rede projetada irá interseccionar precede a elaboração dos orçamentos e são feitos por meio de inspeção visual *in locu*. Uma prática dispendiosa, lenta e imprecisa.

Levando em consideração as peculiaridades, como o dispêndio de tempo e custos no levantamento dos quantitativos para o orçamento das redes e a significativa evolução de geotecnologias, o presente trabalho, objetiva analisar a confiabilidade dos referidos quantitativos através de imagens ortorretificadas obtidas por sensor acoplado a Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

VANTs consistem em aeronaves que tem capacidade de voar sem tripulação. Esses veículos possuem uma grande variedade de tipologias, aonde grande parte

vem ganhando espaço no cenário comercial atual (PASTOR; LOPEZ; ROYO, 2007). Como por exemplo, quando a tecnologia de VANTs é aplicada com a tecnologia de Sensoriamento Remoto, formam uma importante ferramenta para a obtenção de imagens do uso da superfície terrestre, sendo capazes de coletar dados de maneira ágil e com boa resolução.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Seria possível a identificação do tipo de revestimento e o quantitativo de material a ser removido e recomposto na execução de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário e de Abastecimento de Água por meio ortomosaico de imagens obtidas por meio de VANTs?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade da utilização de ortomosaico de imagens obtidas a partir de VANTs na prática de orçamentação de redes de Esgoto Sanitário e de Abastecimento de Água, especificamente nos itens demolições, retiradas e recomposições de passeios e pavimentos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Obtenção de imagens aéreas por meio de VANT e geração de ortomosaico de área específica contemplada em projetos de redes de esgotamento e abastecimento de água;
- Identificar quais os tipos de revestimentos existentes no traçado da rede de saneamento (Rede de esgoto ou Abastecimento de água) através do produto de imagens ortorretificadas;
- Determinar quantitativo de pavimento e passeio a serem recortados e recompostos através de produto ortorretificado;

- Verificar a potencialidade de utilização da ferramenta de sensoriamento para orçamentação de redes de saneamento, confrontando dados reais com dados do mosaico.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

No orçamento de redes Coletoras de Esgoto Sanitário e de Abastecimento de Água pelo método destrutivo, os itens de remoção e de reconstituição do revestimento, são atividades que correspondem à parcela significativa no valor total do orçamento. Identificar o tipo de pavimento e passeio a serem demolidos e recompostos torna-se um passo indispensável quando se almeja obter precisão nos orçamentos. Porém se trata de uma tarefa onerosa, haja vista que há a necessidade de visita “*in loco*” para observação detalhada.

Assim, o presente trabalho visa facilitar a identificação do revestimento e o levantamento do quantitativo do material referente às atividades de demolição e recomposição, procurando gerar resultados reais, exatos e instantâneos através dos produtos de sensoriamento.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

**Capítulo 1 – INTRODUÇÃO:** apresenta a definição de pontos importantes para o entendimento do trabalho, como também o objetivo e a justificativa.

**Capítulo 2 – REFERENCIAL TEÓRICO:** apresenta os principais tópicos relacionados ao tema do trabalho, visando auxiliar no entendimento do mesmo.

**Capítulo 3 – METODOLOGIA:** apresenta recursos utilizados para execução deste trabalho (*hardwares, softwares, etc.*), como também a metodologia aplicada.

**Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES:** apresenta os resultados obtidos e discussões sobre os mesmos.

**Capítulo 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS:** apresenta o alcance dos objetivos do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo trata-se dos temas de Orçamento de projetos de redes de Abastecimento de Água e de redes Coletoras de Esgoto Sanitário, como também o Método destrutivo na execução dessas redes, Geoprocessamento e por fim a definição e aplicabilidade dos Veículos aéreos não tripulados.

### 2.1 ORÇAMENTO DE PROJETOS DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE REDES COLETORAS DE ESGOTO SANITÁRIO

Orçamento consiste na transformação em custo os detalhes de projetos. O orçamento é uma prévia, e deve sempre ser realizado antes da execução do projeto. Pois, por meio dele tem-se uma previsão do custo da obra, dando então o embasamento de viabilidade do objeto em questão (SEVERO, 2014).

Para FUNASA (2006, p.32):

Na elaboração do orçamento detalhado, torna-se necessária a demonstração das composições de serviços, discriminando os respectivos preços unitários, quantidades e preços totais. Para estimar os custos, devem ser utilizadas fontes técnicas de pesquisa (revistas especializadas, mercado local e outros órgãos e entidades públicas), BDI e encargos sociais (ou leis sociais), detalhados de forma clara e precisa. Esse procedimento auxilia o controle e a fiscalização dos custos e quantitativos dos serviços e insumos. Deve-se evitar a utilização de unidades genéricas, como “verba (vb)”.

Os quantitativos para a modelação de um orçamento são advindos de dados do projeto. Especificadamente, para projetos relacionados a Saneamento Básico, como projetos de redes coletoras de esgoto sanitário e de redes de abastecimentos de água, há alguns itens onde o levantamento desses quantitativos não se utiliza métodos muito precisos. Tais itens consistem nas áreas de remoção e reposição do material de revestimento, quando o método escolhido para a execução das redes é o método destrutivo. Pois, para se ter uma observação detalhada, o levantamento é realizado por meio de visita “in loco”.

O Instituto De Engenharia (2011) ressalta a importância de os critérios serem seguidos para o levantamento dos quantitativos de serviços para orçamentos. Pois

esses quantitativos devem ser criteriosamente medidos, para que se evite o levantamento de quantidades de serviços muito discrepantes da realidade.

COPASA (2003) reforça a necessidade de análise, revisão e atualização nos orçamentos, como verificar se há necessidade de inclusão de alguns itens e/ou alteração dos quantitativos previstos, como por exemplo, o quantitativo da área pavimentada, calçada, como também o tipo de revestimento.

Tabela 1 - Custos percentuais das diversas partes de uma obra de esgoto

| <b>Etapas da Obra</b>                 | <b>Item</b>                             | <b>Custo (%)</b> |
|---------------------------------------|---|------------------|
| Implantação da obra<br>(3,8%)         | Canteiro e localização                  | 0,6              |
|                                       | Tapumes e sinalização                   | 2,1              |
|                                       | Passadiços                              | 1,1              |
| Valas<br>(61,2%)                      | Remoção de pavimento                    | 1,3              |
|                                       | Escavação                               | 10,6             |
|                                       | Escoramento                             | 38,8             |
|                                       | Reaterro                                | 10,5             |
| Assentamento de tubulações<br>(25,1%) | Transporte                              | 0,4              |
|                                       | Assentamento                            | 4,1              |
|                                       | Poços de visita                         | 15,5             |
|                                       | Ligações Prediais                       | 4,6              |
|                                       | Cadastro                                | 0,5              |
| Serviços complementares<br>(9,9%)     | Lastros e bases adicionais              | 0,7              |
|                                       | Reposição de pavimento                  | 9,2              |
|                                       | Reposição de galerias de águas Pluviais | 0,1              |

Fonte: Tsutya (2000).

## 2.2 MÉTODO DESTRUTIVO DE EXECUÇÃO DE REDES

O método de execução de redes de Abastecimento de Água e/ou de Coleta de Esgoto Sanitário que consiste na escavação a céu aberto é denominada método destrutivo, que por sua vez trata-se da abertura da vala, onde é feita do leito que irá receber o assentamento das tubulações até a superfície do terreno. Mesmo com alguns transtornos que esse método causa ao trânsito e aos pedestres, é a forma mais empregada no Brasil (BRASÍLIA, 1987).

A execução pelo método destrutivo pode ser realizada de duas maneiras: mecanicamente e manualmente. A maneira mecânica é a mais econômica, porém pode ocasionar quebras de outras redes existentes, por ser um método mais dificultoso de se controlar. Os equipamentos utilizados são: retroescavadeiras, escavadeiras hidráulicas, drag-lines, pás-carregadeiras, etc. Quando a execução mecânica se torna uma atividade muito trabalhosa, devido às interferências encontradas, fazem-se necessários optar por o método manual, onde se utiliza enxadas, pás e picaretas. (BRASÍLIA, 1987).

Figura 1 - Base de Pavimento para recomposição de Vala de Esgoto Sanitário



Fonte: Sales (2015).

Suzuki, Rocha e Giorgini (2010) salientam a necessidade de se tomar precauções relacionadas ao traçado por onde a rede será executada, quando opta pela utilização do método destrutivo. Principalmente no que se diz respeito às possíveis interferências, como por exemplo, as demais redes de utilidade pública. Deve-se tomar esse cuidado, mais ainda quando se tratar de projeto de Redes Coletoras de Esgoto, pois sua funcionalidade é dependente da gravidade, onde qualquer interferência compromete a viabilidade do projeto. Assim, estudar os trechos antes da execução pode evitar transtornos. Além disso, é importante ressaltar o cuidado com a topografia.

### **2.2.1 Execução de redes**

Segundo ABNT (1987), as plantas, desenhos e detalhes de Projeto devem ser elaborados seguindo os critérios recomendados pela Norma regulamentadora NBR 9649, que possui e dita as diretrizes para as obras de execução de redes coletoras de esgoto. Na execução das redes é preciso que uma equipe de Fiscalização a acompanhe, e que se utilize materiais sugeridos pelas normas brasileiras. As obras de execução são divididas em etapas, tais como: locação, sinalização, levantamento ou rompimento da pavimentação, escavação, escoramento, assentamento, preenchimento, reposições e cadastramento.

### **2.2.2 Locação**

Antes de iniciar qualquer tipo de obra faz necessária a locação da mesma. Para obras de redes a ABNT (1987), define alguns pontos a serem seguidos. Sendo primeiramente, que se conheça o local da implantação da obra, logo a locação dos eixos das redes e do centro dos PVs, quando se tratar de obras de redes coletoras de esgoto sanitário.

### **2.2.3 Sinalização**

Para evitar acidentes, as obras devem ser devidamente sinalizadas, as valas devem ser protegidas por cavaletes e/ou tapumes; e manter sempre que possível o trânsito livre para veículos e pedestres (ABNT, 1987).

### **2.2.4 Rompimento do pavimento**

A delimitação da área do pavimento a ser removida para a execução das valas de assentamento das redes, dependem de onde a rede será executada, sendo no leito da rua deve-se cortar 20 cm para cada lado da largura da vala, e 5 cm para cada lado se a rede for no passeio (ABNT, 1987). Um dos métodos de remoção do pavimento é realizado por meio de uma máquina que corta o asfalto, e o material é retirado com máquina escavadeira.

Quando o material removido estiver condições que permita a sua reutilização, é importante que seja depositado de maneira que não comprometa o trânsito de veículos tampouco o de pedestres. Sempre que possível, sejam armazenados junto às valas ou nos locais apropriados admitidos pela fiscalização. O material encontrado pode ser dos mais variados, como: revestimento asfáltico (concreto betuminoso usinado a quente; pré-misturado a frio), lajota pré-moldada de concreto, paralelepípedo, Intertravado, pedra irregular, grama, dentre outros (SANEPAR, 2012).

Figura 2: Rompimento de pavimento asfáltico



Fonte: Locadora Therra (2016).

### **2.2.5 Escavação**

A execução de redes demanda tempo, e para eufemizar os transtornos que causa ao tráfego de veículos e de pedestre, é importante que a execução seja realizada trecho a trecho, por a distância de um PV a outro. Assim as valas não ficam abertas por muito tempo, pois à medida que um trecho vai sendo concluído, o cobrimento já vai sendo feito (BRASÍLIA, 1987).

### **2.2.6 Escoramento**

O escoramento também é uma ferramenta de segurança, principalmente por a segurança dos funcionários que estiverem trabalhando na obra (BRASÍLIA, 1987). O escoramento pode ser de diversos tipos, como: pontaleteamento, descontínuo, contínuo e especial.

### **2.2.7 Assentamento e preenchimento**

As tubulações antes de serem assentadas devem ser limpas e examinadas, não podendo ser assentadas as peças trincadas, constatadas através de exame visual e ensaio de percussão ou as que estejam em desacordo com as normas brasileiras. À medida que for sendo concluída a escavação e o escoramento da vala, deve ser feita a regularização e o preparo do fundo, no sentido de jusante para montante. O assentamento deve ser feito de jusante para montante, com as bolsas voltadas para montante, e se possível, logo após a escavação da vala, a fim de se reduzir ao mínimo a interferência da obra com o tráfego de veículos e o trânsito de pedestre (ABNT, 1987, p. 05).

### **2.2.8 Reposição**

Devido à necessidade de rompimento no revestimento, seja nas vias ou no passeio, é necessário realizar as reposições do pavimento que foram removidas para as aberturas nas valas. Tais reposições devem ser bem-feitas, de no mínimo igual ao que foi removido, e sempre que possível, executar de maneira ainda mais eficiente. Obedecendo assim as recomendações descritas no projeto, como também as determinações municipais (ABNT, 1987).

A SANEPAR (2012) ressalta ainda a importância na execução das emendas dos pavimentos, para que seja realizada de maneira regular e evite saliências. Logo após o término da etapa de reaterro, é necessário realizar a etapa de recomposição de pavimentos o mais breve possível, para que assim o trânsito volte ao seu funcionamento habitual (BRASÍLIA, 1987). A etapa de reposição não se prende apenas ao revestimento, mas também na reposição dos meios-fios, bocas-de-lobo e quais outros elementos que sofreram interferência pela obra (SANEPAR, 2012).

Figura 3 - Passeio com reposição de revestimento



Fonte: Autor.

### 2.2.9 Cadastramento

Atividade final da execução de redes é indispensável que o executor da obra apresente à Fiscalização as plantas da rede de que foi executada, assim como perfis e derivações. Tal prática contribui para que se tenha o controle das redes existentes, além de servir de parâmetro para execução de obras futuras (ABNT, 1997).

## 2.3 GEOREFERENCIAMENTO

### 2.3.1 Geoprocessamento

Rosa (2005) define geoprocessamento como um aglomerado de tecnologias, que servem para coletar, processar, analisar e oferecer informações com referência geográfica. Para isso, é necessário a utilização de *hardwares*, *softwares* e *peopleware*, onde juntas tornam uma importante ferramenta para tomada de decisões. Quando se trata de geoprocessamento, trata-se de informações temáticas relacionadas à superfície terrestre, mediante a utilização sistema de coordenadas, seja coordenada geográfica ou UTM.

### 2.3.2 GPS (Global Positioning System)

GPS é a abreviatura de NAVSTAR SPG (Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System), que consiste em um sistema de radio-navegação, baseado em satélites, onde possibilita a identificação da localidade do usuário, velocidade e tempo em qualquer ponto da terra e a qualquer horário. O sistema GPS pode ser dividido em três segmentos: espacial, de controle e do usuário (ROSA, 2005).

### 2.3.3 SIG

A abreviatura SIG representa o termo Sistema de Informação Geográfica (Geographic Information System). Muitas vezes o SIG é confundido com o geoprocessamento, porém um SIG processa dados gráficos e não gráficos com destaque para análises espaciais e modelagens de superfícies. Quando que o geoprocessamento é mais amplo, onde corresponde a qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados (ROSA, 2005).

## 2.4 SENSORIAMENTO REMOTO

Os métodos para produção de mapas, assim como para atualização cartográfica evoluíram gradativamente com o advento de novos processos tecnológicos, principalmente na área da informática, com o mapeamento digital, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), tratamento digital de imagens e Sistemas de Informação Geográfica. Neste contexto, é indiscutível a importância do sensoriamento remoto para a cartografia. A agilidade e a redução de custos obtidos através da utilização de imagens orbitais para atualização cartográfica vêm acompanhadas de uma qualidade cada vez maior no que diz respeito à resolução espacial. (ROSA, 2005).

## 2.5 FOTOGRAFIAS AÉREAS

Segundo Panizza e Fonseca (2011), para a aquisição de imagens aéreas é necessário que haja um precisa programação de voo, condições climatológicas e horários adequados, velocidade constante do equipamento e estabilidade durante o voo. As fotografias aéreas devem ter um cobertura mínimo, pois é essa

sobreposição que permite ao usuário uma visão estereoscópica (PANIZZA; FONSECA, 2011).

### 2.5.1 Fotogrametria

A fotogrametria consiste em obter informações de objetos, por meio de fotografias, seja geométrica e/ou quantitativa. Segundo Assis (2011), etimologicamente o termo fotogrametria deriva de photon - luz, grafos – escrita e metron – medição, isto é, medições realizadas por meio de fotografias. A fotogrametria passou a ser conhecida no século passado, onde as imagens ainda tinham baixa resolução, devido ao fato de não haver acompanhamento tecnológico dos sistemas de lentes, como também grandes distâncias entre a superfície e os satélites.

A ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) definiu fotogrametria como “a arte, ciência e tecnologia de se obter informação confiável sobre objetos físicos e meio ambiente, através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens e padrões de energia eletromagnética radiante e outros fenômenos”.

Para Matias, Guzatto e Silveira (2015), a fotogrametria se sobressai em alguns quesitos sobre os processos de medição *in loco*, além para o mapeamento quanto para outros fatores, como:

- A obtenção dos dados é rápida;
- Mediante a análise das fotografias é possível armazenar uma grande quantidade de informações;
- Não é necessário ir *in loco* para conseguir as informações;
- É possível uma flexibilidade de precisão das imagens, sendo de acordo com o necessário;
- Oferece mais facilidade para determinar superfícies mais complicadas;
- As medidas por meio de fotografias podem ser extraídas a qualquer momento, além de que pode ser repetida sempre que necessário.

### 2.5.2 Fotointerpretação

Panizza e Fonseca (2011) definem fotointerpretação como o ato de identificar a caracterização de objetos através de fotografias, extraindo assim informações qualitativas.

### 2.5.3 Ortomosaicos

Para que se tenha uma visão de uma área imageada, faz-se então criação de ortomosaico, onde as imagens são montadas e ajustadas uma a outra. Sendo que para o processamento dessas diversas imagens é necessário *softwares* o processamento fotogramétrico, onde esses devem ser capazes de fazê-los.

Para Henriques, Marnoto e Santos (2015) esses softwares para o processamento de imagens advindas de VANTs devem ser softwares que possuam algoritmos com grande variedade de funcionalidades, como por exemplo: corrigir deformidades das lentes das câmeras; fazer as uniformizações das imagens tratadas.

Segundo Henriques, Marnoto e Santos (2015, p.2):

A qualidade do produto final gerado (ortomosaico e/ou nuvem de pontos) está como é óbvio, dependente do sucesso das diversas etapas do processamento. Na presente comunicação apresentam-se algumas das falhas, anomalias ou particularidades detectadas em diferentes fases do processamento de ortomosaicos: na procura dos pontos homólogos, na calibração das fotografias, no preenchimento das zonas ocultas, na criação do modelo de superfície e na junção de imagens. A união dos pixels de várias fotografias resulta na criação do ortomosaico. Lembrando que essa junção é realizada após a reparação das distorções.

O mosaico é formado por um conjunto de imagens, porém essas imagens não são unidas pelas bordas, existe uma sobreposição de parte das imagens. Há porcentagem pré-definidas para cada lado na imagem. A sobreposição lateral é normalmente 30%, já a sobreposição longitudinal chega a ser o dobro da lateral, por volta de 60 % (ALMEIDA, 2014).

Mosaicos consistem na união de diferentes imagens com escalas semelhantes de uma determinada área, formando assim uma só imagem. Quando

uma imagem não é capaz de imagear a área desejada por inteiro, a utilização de mosaico é uma alternativa a ser aderida. Um exemplo de mosaico digital é ortomosaico, é um dos mais complexos que se tem, pois não é feito com imagens simples, elas são retificadas, contém características de carta, entretanto tem um diferencial, por ser munida de informações radiométrica (assemelha os histogramas da imagem) da foto (ALMEIDA, 2014).

Figura 4 - Ortomosaico gerado pelo Pix4D



Fonte: Silva et al. (2014).

Segundo Hasegawa e Arruda Junior, (2004) para que se tenha um ortofoto de qualidade é necessário que se faça bem feito a etapa de montagem do mosaico. No momento da montagem no mosaico pode acontecer de as geometrias das imagens não serem compatíveis (erro irreversível, havendo necessidade de refazer as imagens), assim como a incompatibilidade dos pixels das imagens (dependendo do grau de distorção, erro pode ser corrigido).

Segundo o mesmo autor:

A retificação de imagens é realizada a partir do conhecimento dos elementos de orientação exterior, cujos valores permitem a recuperação da posição e atitude da imagem segundo um referencial geodésico utilizado nos mapeamentos. Os elementos de orientação exterior podem ser determinados por vários procedimentos, no caso de uma única foto é denominada de resseção espacial. A imagem retificada pode ser obtida transferindo valores das cores de uma imagem digital para uma malha fina e regular, que representa um sistema de coordenadas 3D com a coordenada Z constante. A figura 1 representa o processo de geração de uma foto retificada.

Em um passado não muito distante a ortofotografia era uma atividade que demandava altos custos, porém com o crescimento significativo da evolução de

tecnologias de câmeras fotográficas, computadores e VANTs, esse cenário vem adquirindo ganhando espaço no mercado de processamento de imagens. Pois atualmente uma atividade bastante ágil (DUARTE; GONÇALVES, 2016).

Como adquirir fotos perfeitas não era uma atividade fácil, surgiu então a técnica de ortorretificação, que consiste em corrigir as falhas nas imagens, eliminação dos erros para isso essa técnica usa diversas informações, como: posição, inclinação e distorção da câmera no momento que as fotos foram registradas e de características do terreno (ALMEIDA, 2014).

## 2.6 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

Dentre as diversas mudanças que a indústria geoespacial vem sofrendo, o sensoriamento remoto vem sendo destaque, que por sua vez, é área que gera imagens da superfície da Terra por meio de plataforma móveis. O equipamento que vem contribuindo para o crescimento do sensoriamento remoto é o Veículo Aéreo não Tripulado, pois geram produtos de boa qualidade, bem próximos ao gerados por outros métodos tradicionais de levantamentos (FREITAS, 2012).

O surgimento dos VANTs é resultado do avanço tecnológico no que diz respeito à ferramenta de fotografia aérea e na necessidade de maior agilidade na obtenção dessas imagens. Os VANTs primeiramente foram desenvolvidos para serem utilizados em atividades militares, porém, atualmente vem se tornando uma ferramenta interessante também para as atividades civis (VIDAL, 2013).

Freitas (2012) também salienta que os VANTs atualmente são aplicados nas mais diversas áreas, são usados na identificação de áreas sujeitas a deslizamentos, a segurança, empregado no monitoramento e estudo de florestas e regiões de interesse ecológico, em levantamentos de áreas rurais de aspectos agropecuários, como também pode auxiliar na medição de níveis de poluição. Os VANTs levam vantagem sobre os satélites com sensores ópticos no quesito à interferência da presença de nuvens, onde os satélites tradicionais ficam limitados e os VANTs não, devido ao fato de sobrevoarem em um nível abaixo das nuvens.

No Brasil, a área em que a utilização de veículo aéreo não tripulado é mais forte é na agricultura, sendo utilizada com intuito de verificar as irrigações de

plantações, aplicação de fertilizantes. Porém, a utilização de VANT vem ganhando forças em outras áreas, como por exemplo, na engenharia, em que vem sendo utilizadas na inspeção de barragens, plataformas de petróleo, gasodutos, obras de arte especial, dentre outras. Percebe-se então que essa ferramenta pode ser utilizada em várias áreas distintas, até mesmo em locais inacessíveis (NASCIMENTO, 2014).

Os VANTs tem custo operacional e humano relativamente inferior aos métodos tradicionais, pois não há necessidade de um operador (pessoa) a bordo, além de serem significativamente menores, e conseguem atingir os mesmos objetivos das aeronaves convencionais. Sendo, substituir essas aeronaves tradicionais, quando se refere à obtenção de imagens aéreas é o principal objetivo dessa tecnologia (JORGE; TRINDADE JUNIOR, 2002). Para Almeida (2014) a causa do custo relativamente baixo do VANTs é devido ao fato de possuírem limitação de carga, onde os equipamentos que são acoplados a eles são pequenos e leves.

De acordo com Mitishita, Eduardo e Graça (2012), a utilização de práticas relacionadas a VANTs, é mais apropriada para projetos de engenharia, onde haja necessidade de dados e informações atualizadas da superfície da Terra. Em razão das facilidades que essa tecnologia permite no imageamento dessas áreas.

Vidal (2013) mostra que um VANT é composto por: estação base (Ground Station) câmera fotográfica, sistema de navegação (GPS) e um controle remoto. As imagens obtidas são georreferenciadas e um microcontrolador tem a função de transmitir os dados obtidos por as partes a bordo do veículo ao modem, através de um controle remoto.

Para Jorge, Inamasu e Carmo (2011), Ground Station consiste em um computador portado de *software* de controle ou outro dispositivo que seja capaz transmitir os dados de controle do VANT. Assim para que o VANT voe até a coordenada desejada e tire as fotos, é necessário que se faça a programação e monitoramento do posicionamento do VANT. Onde para isso indica-se a coordenada na tela onde contem a mapa da localização, e com a indicação de um ponto de referência.

O sistema de navegação nada mais é do que um GPS e uma unidade de navegação. Onde são responsáveis por dar as indicações de Norte/Sul, Leste/Oeste e de coordenadas. As câmeras podem ser dos mais variados modelos, contando que sejam compatíveis com o veículo, sendo configurada de maneira que possa registrar múltiplas imagens. Por fim o controle remoto, que é o responsável por controlar o veículo, quando há necessidade (VIDAL, 2013).

Segundo Roig et al. (2013), é a etapa de planejamento de voo que irá definir se os resultados serão satisfatórios, pois é imprescindível que se faça um bom planejamento. Tal etapa é dividida em 6 pontos, que consistem em: escolher a área a ser mapeada, analisar os quesitos de segurança, o planejar o voo em si, preparar os equipamentos, conferir os equipamentos e coletar os dados.

### **2.6.1 Vantagens**

Para Vidal (2013) são perceptíveis as vantagens da utilização de VANTs no mercado do processamento de imagens. Como por exemplo: obtêm-se o produto da operação quase de instantâneo, é rápido e eficiente; são flexíveis; são mais seguros e geram produtos de qualidade.

### **2.6.2 Desvantagens**

A utilização de veículo aéreo não tripulado tem algumas limitações nos quesitos de coordenada geográfica, imagens áreas pequenas por cada missão; no quesito de condições climáticas, onde para se obter bons resultados, o veículo não pode estar exposto a ventos muito fortes, tampouco à chuva e os voos não passam de 30 minutos.

Almeida (2014) ainda reforça que uma das principais dificuldades encontradas em relação a utilização de VANTs é em relação a instabilidade da aeronave ao sobrevoar, o que influencia no produto, dificultando assim seu processamento.

### 2.6.3 Normativas

É importante que seja criada uma normativa e regulamentação própria para o uso dessas ferramentas, já que está em constante desenvolvimento. Pois atualmente, a utilização de VANTs é regida pela aeronáutica, visto que é considerada uma aeronave. Sendo vetada a utilização de VANTs no Brasil sem a autorização do órgão responsável (ALMEIDA, 2014).

Furtado et al. (2008, p. 506 - 517) ainda reforça:

O Controle de Tráfego Aéreo brasileiro ainda não está devidamente preparado pra aplicações com VANTs. Será preciso, além de uma legislação a respeito, recursos computacionais e treinamentos adequados para os controladores de tráfego aéreo e pilotos. Estações de Controle de VANTs deverão comunicar-se com as estações de controle tradicionais, e estas com as aeronaves, sejam elas tripuladas ou não. Sistemas anti-colisão pró-ativos e colaborativos precisam ser implementados, permitindo a convivência entre o mundo tripulado e o não tripulado.

Os mesmos autores ainda explicam que quando de se ferem a pró-ativos, implica dizer que os equipamentos acoplados na aeronave, assim como os equipamentos que estão em solo, devem ter a sensibilidade de identificar os indícios de colisão, avisando então aos sistemas de controle dos veículos aéreos, para que possa então, serem evitados acidentes. Uma boa administração do Tráfego de veículos aéreos é que irá garantir a segurança dos voos, garantindo assim distancias segura entre os veículos, durante todos os percursos dos voos, da decolagem até a aterrissagem e taxiamento. Pois cada aeronave que estiver realizando o voo, tem-se um controlador de tráfego, administrando os dados, tais como: posição, velocidade, direção atual e as próximas posições.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de estudo sobre a utilização de imagens derivadas de câmeras acopladas em VANTs, por meio da montagem de um ortomosaico, com intuito de auxiliar na orçamentação de redes de saneamento básico. Trata-se de uma Pesquisa aplicada, pois tem objetivo de solucionar um problema prático. Que consistiu na identificação dos tipos de revestimentos existentes no traçado de rede de abastecimento de água e de coleta de esgoto, assim como o levantamento do quantitativo das áreas dos revestimentos a serem recortadas, retiradas e recompostas.

A presente pesquisa foi dividida em dois momentos, onde o primeiro tratou-se de pesquisa bibliográfica em revistas técnicas, artigos científicos, livros que abordam tanto o tema de métodos destrutivos na execução de redes Coletoras de Esgoto Sanitário e de Abastecimento de Água, como também referente ao tema de imagens obtidas por meio de Veículos Aéreos não tripulados. O segundo momento foi pesquisa experimental, onde consistiu em experiência prática em campo, processamento e interpretação das imagens obtidas.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

Tratando-se de uma pesquisa de campo, nessa etapa foi definida área a ser estudada, que consistiu no Setor Bertaville, Região Sul, Palmas – TO. Como pode ser observada na figura 5. A escolha se justifica pelo fato de ser uma área de ocupação recente, onde há uma variedade de revestimentos, auxiliando assim no alcance dos objetivos do presente trabalho.

Figura 5 - Setor Bertaville



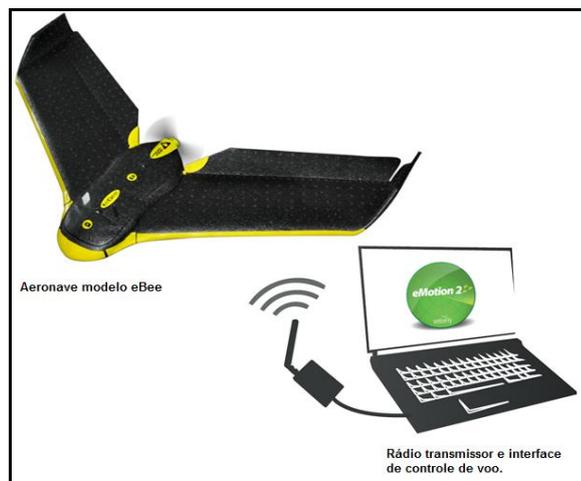
Fonte: Google Earth.

## 3.2 MATERIAIS

### 3.2.1 eBee

O veículo aéreo não tripulado utilizado no presente trabalho foi o eBee, fabricado por a empresa Sensefly. Tem capacidade de cobrir até 12 km<sup>2</sup> por voo. O eBee é capacitado para realizar tomada de fotos de maneira rápida e sob demanda. É capaz de realizar a decolagem, o voo e aterrissagem automaticamente. As imagens obtidas durante o voo do eBee, são retiradas de maneira que garanta a sobreposição das imagens, e garantindo o cobrimento delimitado da área de acordo com o programado no plano de voo.

Figura 6 - Estação base e rádio transmissor



Fonte: Sensefly (2016).

Quadro 1 - Especificações técnicas do eBee

| <b>Hardware</b>                  |  |
|----------------------------------|--|
| Peso (incluindo a câmera)        | Aprox. 0,69 kg(1,52 lbs)                                       |
| Envergadura da asa               | 96 cm (38 pol)   |
| Material                         | Espuma EPP, estrutura de carbono e partes compostas            |
| Propulsão                        | Motor DC sem escovas e com hélice de propulsão elétrica, 160 W |
| Bateria                          | 11,1 V, 2150 mAh   |
| Câmera                           | S110 NIR   |
| Câmera                           | RGB S110   |
| Dimensões da caixa de transporte | 55 x 45 x 25 cm (21,6 x 17,7 x 9,8 pol)                        |

Fonte: Sensefly (2016).

### 3.2.2 Câmeras

Existem quatro tipos de câmeras que podem ser acopladas ao eBee. O modelo que foi utilizada no presente trabalho consiste no modelo Canon S110 RGB. S110 RGB proporciona imagens no espectro visível, fornecendo de banda verde, vermelho e azul padrão. Têm a capacidade de gravar imagens em RAW, JPEG, JPEG + RAW e salvar em cartões SDHC.

Quadro 2 - Características técnicas Canon S110 RGB

| <b>Características técnicas</b>         |                 |
|---|-----------------|
| Resolução                               | 12 MP           |
| Resolução no solo a 100 m               | 3,5 cm / px     |
| Tamanho do sensor                       | 7,44 x 5,58 mm  |
| Pixel pitch                             | 1,86 µm         |
| Formato de imagem                       | JPEG e / ou RAW |
| Para cima olhando sensor de irradiância | Não             |

Fonte: Sensefly (2016).

### 3.2.3 Softwares

Foram utilizados quatro *softwares*, o eMotion, Postflight Terra 3D, o Google Earth e o ArcGIS. O eMotion para o planejamento, simulação, monitoramento e controle do voo. O Postflight Terra 3D foi utilizado para o processamento e análise das imagens, onde foram transformadas em um ortomosaico. O Google Earth para auxiliar no encontro dos pontos *in loco* e o ArcGIS para realizar as medições dos quantitativos e para montagem do mapa de identificação dos pontos.

O procedimento experimental foi composto por três etapas:

- Planejamento de voo;
- Execução de voo;
- Processamento das imagens

### 3.3 PLANEJAMENTO DO VOO

Para o planejamento foi utilizado o *software* eMotion. Alguns fatores foram estabelecidos para o programa, como por exemplo, a resolução das imagens que seriam geradas e a altura que o eBee executaria o voo, sendo 4,0 cm por pixel e 120 m de altura respectivamente. Primeiramente carregou-se a imagem de satélite da área (Setor Bertaville), no eMotion, que por sua vez, automaticamente faz o plano de voo sobre a área a ser imageada.

O programa fornece informações importantes, tais como: o funcionamento das câmeras, a velocidade, quantidade de energia, além das regras de segurança que faz o veículo retornar do seu ponto de partida caso aconteça algo não planejado. Como também os comandos de decolagem e pouso. Para garantir a segurança do voo, fez-se a simulação virtual do mesmo.

### 3.4 SOBREPOSIÇÃO

Para a composição do mosaico, é necessário que haja a sobreposição das imagens, no voo do presente trabalho foi utilizada uma sobreposição de 65 x 70, onde as imagens foram sobrepostas 65% na longitudinal e 70% na lateral.

### 3.5 EXECUÇÃO DE VOO

O voo foi realizado em um dia onde as condições climáticas estavam favoráveis para voo, a velocidade média do vento estava aproximadamente 5m/s, abaixo do máximo permitido, que consiste 6 m/s, além ter sido um dia ensolarado, sem chuva, contribuindo assim para obtenção de imagens de boa qualidade.

O ponto escolhido para a montagem da base de controle foi uma área sem obstáculos em seu entorno, para que não houvesse nenhum elemento que comprometesse a decolagem e o pouso do VANT. Assim, foi acoplada ao eBee a câmera e o GPS, sendo o GPS configurado para que o trajeto fosse armazenado, possibilitando posteriormente a exportação em formato compatível com o *software* de processamento. Para o lançamento do eBee, agitou-o três vezes para iniciar o motor, logo foi lançado ao ar. Após, completado o traçado de voo, o eBee retornou para o local na qual foi lançado.

Quadro 3 - Especificações técnicas do eBee

| <b>Operação</b>                |  |
|--------------------------------|--|
| Tempo máximo de voo            | 50 minutos   |
| Velocidade de cruzeiro         | 40-90 Km/h (11-25 m/s ou 25-56mph)   |
| Alcance da frequência de rádio | Até 3 km (1,86 milhas)   |
| Cobertura máxima (voo único)   | 12 km <sup>2</sup> / 4,6 mi <sup>2</sup> (a 974 m / 3,195 pés de altitude AGL) |

|   |  |
|---|--|
| Resistência ao vento                            | Até 45 km/h (12m/s ou 28 mph)                  |
| Resolução máxima (GSD)                          | Até 1,5 cm (0,6 pol) por pixel                 |
| Precisão relativa de ortomosaico / modelo 3D    | 1-3x GSD                                       |
| Precisão horizontal/vertical absoluta (com GCP) | Até 3 cm (1,2 pol) / 5 cm (2 pol)              |
| Precisão horizontal/vertical absoluta (sem GCP) | 1-5 m (3,3-16,4 pés)                           |
| Operação com vários drones                      | Sim (incl. sistema para evitar colisões no ar) |
| Planejamento automático de voo 3D               | Sim  |
| Precisão de aterrisagem linear                  | Aprox. 5 m (16,4 pés)                          |

Fonte: Sensefly (2016).

### 3.6 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

Após a coleta dos dados foi realizado o tratamento das imagens, onde foi feito a correção das distorções das imagens, e o descarte das imagens que não estavam com qualidade adequada. O *software* para essa etapa da pesquisa, como dito anteriormente foi o Postflight Terra 3D. Após descarregar as fotos da câmera, juntamente com a lista de coordenadas e precisões dos pontos de apoio elas foram processadas. Gerando assim arquivos MDT, MDS, nuvens de pontos e o ortomosaico, sendo o ortomosaico o produto estudado neste trabalho.

O processamento das imagens é feito a partir das informações do GPS do VANT e de algoritmos próprios capazes de encontrar automaticamente os pontos de enlace entre as fotos, gerando ortomosaicos em formato tif, DEM (Digital Elevation Model – Modelo Digital de Elevação), modelo triangular 3D e nuvem de pontos georreferenciadas.

### 3.7 LEVANTAMENTO DOS DADOS EM CAMPO

Para a obtenção dos dados levantados em campo, foram escolhidos 20 pontos aleatórios na área imageada, sendo 10 pontos de travessias e 10 pontos de passeio, de modo que pudessem ser vistos diferentes tipos de revestimento, auxiliando então a aferir a confiabilidade da ferramenta, levando em consideração

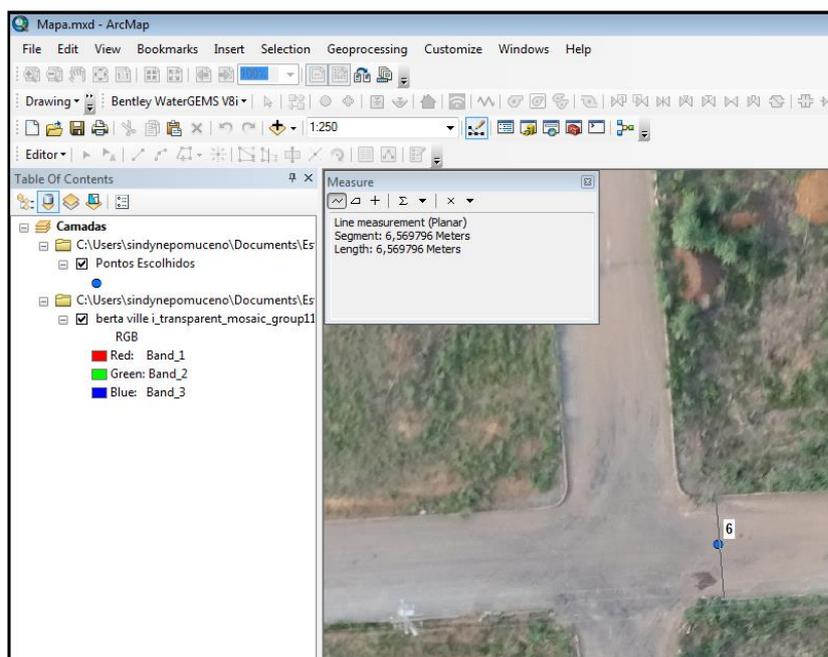
que redes de abastecimento de água e redes coletoras de esgoto podem ser localadas tanto nos passeios, quando nas travessias.

Os pontos para o presente estudo foram escolhidos e iluminados em um mapa do Google Earth para auxiliar no encontro dos pontos *in loco*. O procedimento foi realizado dia 07 de setembro de 2016. Para o levantamento dos dados foram utilizados, um computador, uma câmera digital, uma trena e uma prancheta.

### 3.8 LEVANTAMENTO DOS DADOS PELO ORTOMOSAICO

Para a medição dos quantitativos, foi utilizado o *software* arcGIS.

Figura 7 - Medição no ArcGIS



Fonte: Autor

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 FOTOINTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS

Na montagem do ortomosaico foi utilizada sobreposição 65 x 70, onde as imagens foram sobrepostas 65% na longitudinal e 70% na lateral. Um total de 168 imagens foi utilizado para a formação do ortomosaico. O produto final do processamento das imagens resultou em um ortomosaico com boa resolução, pois é possível identificar os tipos de revestimentos. Como se pode verificar nas imagens que seguem.

Na figura 8, mostra a esquerda a imagem do ortomosaico do ponto 1. Onde foi possível verificar que se trata de uma travessia de revestimento asfáltico e a direita a imagem tirada *in loco*, onde se pode confirmar o tipo de revestimento.

Figura 8 - Ponto 1 (Revestimento asfáltico) - Imagem do mosaico / Imagem in loco



Fonte: Autor.

A figura 9 trata-se uma travessia sem revestimento, sendo ainda terreno natural, onde é importante na orçamentação de redes de abastecimento de água e de redes de coletas de esgoto, pois seria uma área que não seria necessário incluir quantitativo, pois não teria o custo de remoção, tampouco reposição de revestimento.

Figura 9 - Ponto 4 (Terreno natural) - Imagem mosaico / Imagem in loco



Fonte: Autor.

Nas imagens obtidas foi possível identificar além do tipo de revestimento, o formato do revestimento, como por exemplo, o ponto B, como mostra a figura 10. Onde além de poder verificar que se trata de intertravado, possibilita assim verificar que se trata de um intertravado sextavado.

Figura 10 - Ponto B (Intertravado sextavado) - Imagem mosaico / Imagem In loco



Fonte: Autor.

Devido à homogeneidade da imagem do passeio verificou-se que o ponto D trata-se de uma calçada de concreto, o que pode ser confirmada com a imagem tirada *in loco* (imagem à direita) da figura 11.

Figura 11 - Ponto D (Concreto) - Imagem mosaico / Imagem in loco



Fonte: Autor.

Assim, como há passeios de intertravado, concreto, há também passeios revestidos por gramas. Como pode ser verificado no ponto H, na figura 12. Sendo importante na hora da orçamentação de redes de abastecimento de água, pois o custo e principalmente a recomposição deste tipo de revestimento difere consideravelmente dos demais tipos de revestimentos.

Figura 12 - Ponto H (Grama) - Imagem mosaico / Imagem In loco



Fonte: Autor.

#### 4.2 QUANTIFICAÇÃO DA METRAGEM DE CORTE/RECOMPOSIÇÃO DE PASSEIOS E TRAVESSIAS

No orçamento de redes de saneamento básico, nos quesitos remoção e recomposição de pavimento, utiliza-se unidade de áreas, onde se faz a medida

linear e multiplica-se pela largura da vala. Assim, os dados medidos no ortomosaico foram lineares, pois a largura da vala depende das especificações de projeto. No entanto, para verificar o grau de confiabilidade dos dados extraídos do ortomosaico, foram também tiradas as medidas das dimensões em campo (dados reais).

Nas tabelas 2 e 3 foram analisados os dados medidos no ortomosaico e os dados medidos em campo. Onde se pode ver que o grau de precisão entre os dados é satisfatório, pois a variação entre os dados é relativamente pequena. Como por exemplo, no ponto 1, que se trata de uma travessia, e a medida extraída por meio do ortomosaico foi 6,84 m e a medida em campo de 6,80 tendo então uma variação de 4 centímetros.

Tabela 2 - Dados pavimentos das travessias

| Nº | Tipo de revestimento | Comprimento Campo (m) | Comprimento Ortomosaico (m) | Variação (m) |
|----|----------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------|
| 1  | Pavimento Asfáltico  | 6,80                  | 6,84                        | -0,04        |
| 2  | Pavimento Asfáltico  | 6,00                  | 5,95                        | 0,05         |
| 3  | Pavimento Asfáltico  | 6,60                  | 6,58                        | 0,02         |
| 4  | Terreno Natural      | 4,85                  | 4,87                        | -0,02        |
| 5  | Pavimento Asfáltico  | 6,62                  | 6,59                        | 0,03         |
| 6  | Pavimento Asfáltico  | 6,53                  | 6,57                        | -0,04        |
| 7  | Pavimento Asfáltico  | 6,82                  | 6,86                        | -0,04        |
| 8  | Pavimento Asfáltico  | 7,65                  | 7,68                        | -0,03        |
| 9  | Pavimento Asfáltico  | 6,34                  | 6,38                        | -0,04        |
| 10 | Pavimento Asfáltico  | 6,39                  | 6,35                        | 0,04         |

Fonte: Autor.

A tabela 2 trata-se dos dados dos passeios, onde também se obteve uma precisão ainda melhor, como no caso do ponto B, onde a medida extraída do mosaico foi de 11,24 m e a medida real foi de 11,22 m, tendo assim uma variação de 2 cm.

Tabela 3 - Dados revestimentos dos passeios

| Travessia |                        |                       |                             |              |
|-----------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------|
| Nº        | Tipo de revestimento   | Comprimento Campo (m) | Comprimento Ortomosaico (m) | Variação (m) |
| A         | Intertravado sextavado | 11,05                 | 11,16                       | -0,11        |

|          |                         |       |       |       |
|----------|-------------------------|-------|-------|-------|
| <b>B</b> | Intertravado sextavado  | 11,22 | 11,24 | -0,02 |
| <b>C</b> | Concreto                | 11,14 | 11,13 | 0,01  |
| <b>D</b> | Concreto                | 11,07 | 11,05 | 0,02  |
| <b>E</b> | Concreto                | 11,08 | 11,11 | -0,03 |
| <b>F</b> | Concreto                | 10,55 | 10,54 | 0,01  |
| <b>G</b> | Intertravado sextavado  | 11,07 | 11,07 | 0,00  |
| <b>H</b> | Concreto                | 13,23 | 13,26 | -0,03 |
| <b>I</b> | Intertravado retangular | 10,93 | 10,96 | -0,03 |
| <b>J</b> | Concreto                | 10,89 | 10,89 | -0,10 |

Fonte: Autor.

Ao comparar os dados de travessias e de passeios, vê-se que a variação geral dos dados dos passeios foi menor que os dados das travessias, principalmente pelo fato de que em todos os pontos das travessias um dos lados havia a projeção da sombra do meio-fio, o que dificultou do momento da retirada dos dados no ortomosaico. Diferente dos passeios que tem sua superfície toda em um mesmo nível.

Especificamente no ponto A, obteve-se a maior variação, pelo fator de haver vegetação na calçada, o que dificultou na medição do limite deste passeio pelo ortomosaico. Assim, além da sombra, as vegetações também causam interferência na precisão dos dados.

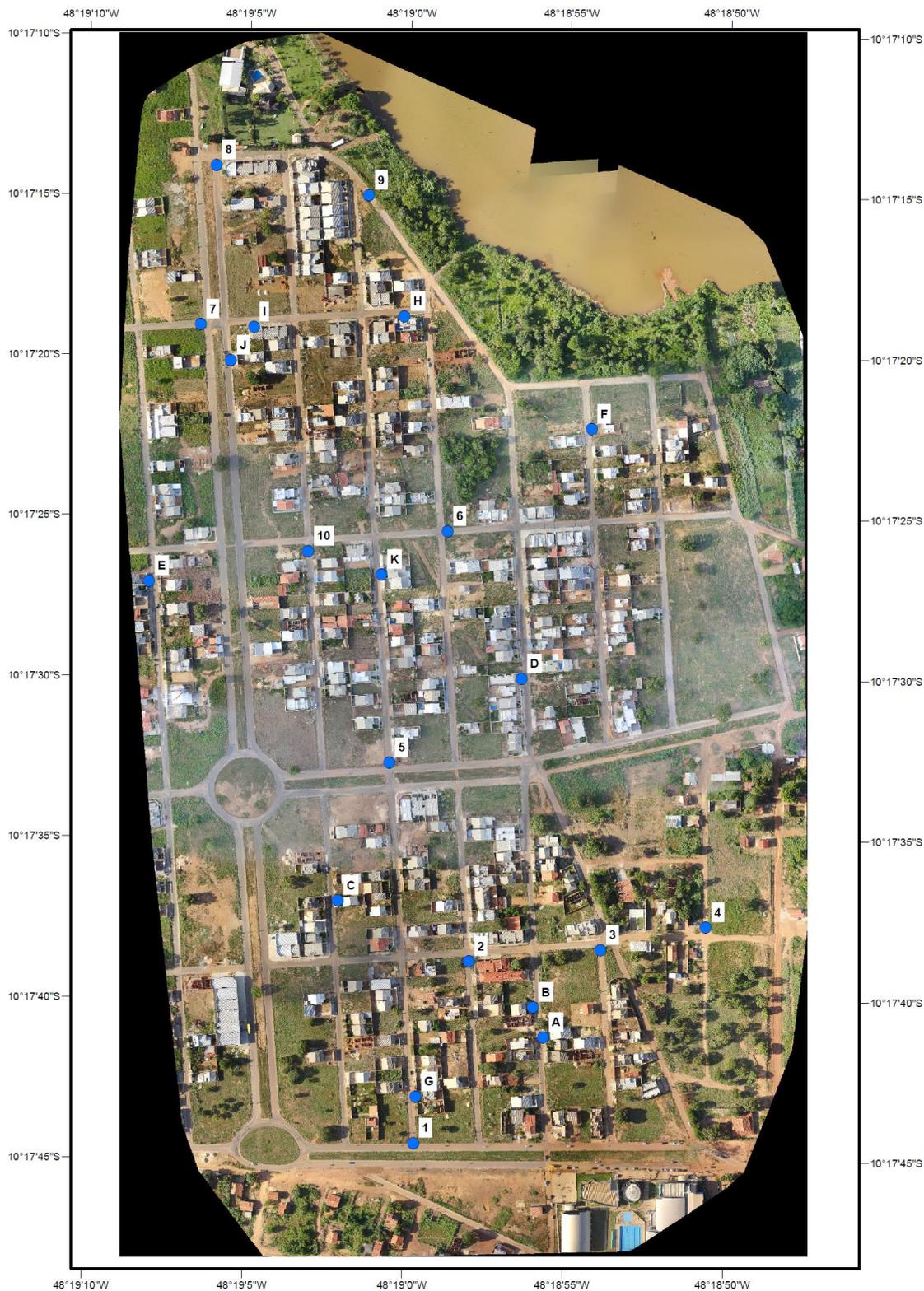
Mesmo com esses fatores, podemos identificar o grau de confiabilidade do uso de imagens obtidas por meio de veículo aéreo não tripulado na orçamentação de redes de abastecimento de água e redes coletoras de esgoto sanitário. Onde os dados medidos através do produto final (o ortomosaico) tiveram uma variação pequena em relação às medidas reais.

### 4.3 DIFICULDADES ENCONTRADAS

O voo foi realizado às 7 horas, podendo ser observado que as edificações, as vegetações e até mesmo os meios-fios formam sombras nas imagens, onde dificultou, mesmo que não muito significativo na identificação nos tipos de revestimento. Assim, pode-se interpretar que o melhor horário para o imageamento com a utilização do veículo aéreo não tripulado para esse fim, é por volta do meio-

dia, pois é nesse horário que o sol se encontra mais perpendicular à superfície terrestre, fazendo assim que se tenha menos incidência de sombras.

Figura 13 - Pontos escolhidos no ortomosaico



**Legenda**

- Pontos Escolhidos



Fonte: Autor.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processamento de imagens obtidas pelo eBee, resultou em um ortomosaico de boa resolução e baixa distorção das imagens, possibilitando assim, o alcance dos objetivos do presente trabalho. Onde se obteve êxito na identificação dos tipos de revestimento dos passeios e das travessias, pois de acordo com o verificado no ortomosaico pode-se confirmar a veracidade em 100% dos pontos, baseados na verificação da visita *in loco*. Como também no levantamento do quantitativo, pois a variação da medida linear dos revestimentos foi pequena, sendo 11 cm o ponto com maior distorção.

Contudo, podemos constatar a potencialidade de utilização da ferramenta de sensoriamento para orçamentação de redes de saneamento básico, levando em consideração o grau de precisão obtido entre os dados reais e os dados obtidos por meio do ortomosaico.

Uma sugestão para trabalhos futuros é sobre a utilização de imagens obtidas por VANTs para a geração de curvas de níveis, levando em consideração que em todas as áreas da Engenharia, a topografia é fundamental, indubitavelmente para projetos de redes Coletoras de Esgoto sanitário, Abastecimento de Água e Drenagem Urbana. Onde tal estudo se justifica pelo fato de o método convencional, o levantamento topográfico ser uma prática mais lenta e onerosa.

Outro trabalho que pode ser feito com a utilização de veículos áreas não tripulados é para obtenção do coeficiente de ocupação do solo, para projetos de drenagem urbana, uma vez que será um dado mais preciso. Como também, um trabalho que avalie a potencialidade dessa ferramenta para a inspeção visual da logística em grandes canteiros de obras, visando auxiliar nas tomadas de decisões e melhorias deste processo. Ou também o uso de VANTs para a identificação de manifestações patológicas em revestimento de fachadas de edifícios altos, levando em consideração as dificuldades encontradas na identificação dessas manifestações nas áreas externas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Igor de Carvalho. **Estudo sobre o uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários**. 2014. 149 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco Centro de Ciências e Tecnologia, Recife, 2014. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YG7kyw8mza0J:files.labt.opope.webnode.com/200000592-](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YG7kyw8mza0J:files.labt.opope.webnode.com/200000592-f1b1cf2abd/Estudo_%20ve%C3%ADculo_a%C3%A9reo_n%C3%A3o_tripulado_VANT_mapeamento%20a%C3%A9reo_projetos_vi%C3%A1rios.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)

[f1b1cf2abd/Estudo\\_%20ve%C3%ADculo\\_a%C3%A9reo\\_n%C3%A3o\\_tripulado\\_VANT\\_mapeamento%20a%C3%A9reo\\_projetos\\_vi%C3%A1rios.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YG7kyw8mza0J:files.labt.opope.webnode.com/200000592-f1b1cf2abd/Estudo_%20ve%C3%ADculo_a%C3%A9reo_n%C3%A3o_tripulado_VANT_mapeamento%20a%C3%A9reo_projetos_vi%C3%A1rios.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>. Acesso em: 10 abr. 2016.

ASSIS, Isabella do Carmo. **APLICAÇÃO DE FOTOGRAMETRIA TERRESTRE DIGITAL NA AMOSTRAGEM DE MINA SUBTERRÂNEA: EXAME COMPARATIVO COM TÉCNICAS TRADICIONAIS**. 2011. 27 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Geoprocessamento, Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em:

<<http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/IsabelladoCarmoAssis.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12266**: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/nbr-09814-nb-37-execucao-de-rede-coletora-de-egoto-sanitario.html>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9814**: Execução de rede coletora de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/61141116/NBR-09814-Nb-37-Execucao-de-Rede-Coletora-de-Esgoto-Sanitario>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

BRASÍLIA. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Esgotamento sanitário: operação e manutenção de redes coletoras de esgotos**: guia do profissional em treinamento. Brasília: Ministério das Cidades, 2008. 78 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **GERENCIAMENTO TÉCNICO DE OBRAS E SERVIÇOS DE ENGENHARIA**: GERENCIAMENTO TÉCNICO DE OBRAS E SERVIÇOS DE ENGENHARIA. Belo Horizonte: Brasil/printed, 2003. 66 p. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/media/Publicacoes/GerencTecnico.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

DEZOTTI, Mateus Caetano. **Análise da utilização de métodos-não destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas**. 2008. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em:

<[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-03102008-000200/.../diss\\_mcd.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-03102008-000200/.../diss_mcd.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2016.

DUARTE, Diogo; GONÇALVES, Gil. **Produção automática de ortofotos em áreas urbanas utilizando veículos aéreos não tripulados e software de código aberto**. 2016. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Sistemas e Computadores, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <<http://www.mat.uc.pt/~gil/downloads/ProducaoAutomaticaOrtos.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2016.

FREITAS, Eduardo. **A invasão dos VANTs: Veículos Aéreos Não Tripulados revolucionam o setor de mapeamento**. 2012. Disponível em: <<http://www.baguete.com.br/artigos/1077/eduardo-freitas/15/02/2012/a-invasao-dos-vants-veiculos-aereos-nao-tripulados-revolucio>>. Acesso em: 13 mar. 2016.

FURTADO, Vitor Hugo et al. ASPECTOS DE SEGURANÇA NA INTEGRAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT) NO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO. In: VII SISTRAR - SIMPÓSIO DE TRANSPORTE ÁREO, 7., 2008, Rio de Janeiro. **SIMPÓSIO**. Rio de Janeiro: -, 2008. p. 506 - 517. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/latecgeo/images/PDF/vants.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

HASEGAWA, Júlio Kiyoshi; ARRUDA JUNIOR, Elias Ribeiro de. MOSAICO COM IMAGENS DIGITAIS. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 10, p.34-37, 2004. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/bcg/article/view/1458/1212>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

HENRIQUES, Maria João; MARNOTO, João; SANTOS, Alexandre. Alguns Pormenores sobre a Produção de Ortomosaicos. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA, 8, 2015, Lisboa. **Anais...** Lisboa: Ordem dos Engenheiros, 2015. p. 1 - 8. Disponível em: <[http://viiiicncg.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIIICNCG/cncg2015\\_comunicao\\_49.pdf](http://viiiicncg.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIIICNCG/cncg2015_comunicao_49.pdf)>. Acesso em: 9 abr. 2016.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. **NORMA TÉCNICA IE – N° 01/2011: ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2011. 152 p. Disponível em: <<http://www.sinaenco.com.br/downloads/Norma.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

JORGE, Lúcio André de Castro; INAMASU, Ricardo Yassushi; CARMO, Rhendrix Borges do. Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplicações em Agricultura de Precisão no Brasil. In: ANAIS XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Inpe, 2011. p. 0400 - 0402. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1484.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

JORGE, Lúcio André de Castro; TRINDADE JUNIOR, Onofre. **Metodologia para Utilização de Aeromodelos em Monitoramento Aéreo**. São Carlos - Sp: Embrapa, 2002. 6 p. Disponível em: <[http://www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/CiT15\\_2002.pdf](http://www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/CiT15_2002.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2016.

LOCADORA THERRA. **Corte em Piso de Concreto ou Asfalto**. Disponível em: <<http://www.locatherra.com.br/Perfuracao-E-Corte-corte-piso-concreto-asfalto.html>>. Acesso em: 08 out. 2016

MATIAS, Gustavo Roberto de Moraes; GUZATTO, Matheus Pereira; SILVEIRA, Pablo Guilherme. **MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO CADASTRAL POR INTEGRAÇÃO DE IMAGENS ADQUIRIDAS COM VANT A TÉCNICAS TRADICIONAIS**. 2015. 175 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/115412>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MITISHITA, Edson; EDUARDO, José; GRAÇA, Niarkius de. **O USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) EM APLICAÇÕES DE MAPEAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO**. 2012. 10 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Geodésicas, Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas – Ufrpr, Curitiba, 2012. Disponível em: <[http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/678/CT04-128\\_1404416657.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/678/CT04-128_1404416657.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - FUNDAÇÃO NACIONAL E SAÚDE. **ORIENTAÇÕES PARA EXECUÇÃO DE OBRAS E SERVIÇOS DE ENGENHARIA PELA FUNASA**. 2006. 187 p. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/eng\\_obras.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/eng_obras.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2016.

**Mosaico com imagens digitais. Mosaico com imagens digitais**. 2004. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Cartografia, Unesp, Presidente Prudente, 2004. Disponível em: <[ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/bcg/article/download/1458/1212](http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/bcg/article/download/1458/1212)>. Acesso em: 10 abr. 2016.

NASCIMENTO, Matheus Leoni Martins. **UTILIZAÇÃO DE DRONE E TERMOGRAFIA NA DETECÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES**. 2014. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília - Df, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/10869/4693/1/Matheus Leoni Martins Nascimento.pdf](http://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/10869/4693/1/Matheus%20Leoni%20Martins%20Nascimento.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2016.

PANIZZA, Andrea de Castro; FONSECA, Fernanda Padovesi. **TÉCNICAS DE INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS. Geosp - Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 1, n. 30, p.30-42, Não é um mês valido!/Não é um mês valido! 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/viewFile/74230/77873>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

PASTOR, Enric; LOPEZ, Juan; ROYO, Pablo. UAV Payload and Mission Control Hardware/Software Architecture. **Ieee Aerospace e da Revista Electronic Systems**, Nd, v. 22, p.1-8, jun. 2007. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=4271319&url=http://ieeexplore.ieee.org/iel5/62/4271314/04271319.pdf?arnumber=4271319>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

ROIG, Henrique Llacer et al. Uso de câmeras de baixo custo acopladas a veículos aéreos leves no estudo do aporte de sedimentos no Lago Paranoá. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...**. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 1 - 8. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1438.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

ROSA, Roberto. GEOTECNOLOGIAS NA GEOGRAFIA APLICADA. **Revista do Departamento de Geografia: Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, v. 1, n. 16, p.81-90, out. 2005. Disponível em: <[http://www.geografia.ffe.usp.br/publicacoes/RDG/RDG\\_16/Roberto\\_Rosa.pdf](http://www.geografia.ffe.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Roberto_Rosa.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2016.

SALES, Ismael. **Obras de implantação de redes de esgoto e água na cidade de betim/MG**. 2015. Disponível em: <<http://monteirosales.blogspot.com.br/2015/07/obras-de-implantacao-de-rede-de-esgoto.html>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

SAMPAIO, E. Noções básicas de detecção remota fotogrametria e fotointerpretação em pedologia. Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Portugal, 2007. Disponível em: <<http://home.dgeo.uevora.pt/~ems/files/Anexo%20B-01.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

SANEPAR (Estado). Manual nº 10, de janeiro de 2012. **Pavimentação: MOS - ESPECIFICAÇÕES**. 4. ed. p. 2-10. Disponível em: <[http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mos-4a-edicao/modulo\\_10\\_4ed\\_v00\\_-\\_pavimentacao.pdf](http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mos-4a-edicao/modulo_10_4ed_v00_-_pavimentacao.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2016

SENSEFLY. **EBee: Sensefly**. Disponível em: <[https://www.sensefly.com/fileadmin/user\\_upload/sensefly/documents/brochures/eBee\\_pt.pdf](https://www.sensefly.com/fileadmin/user_upload/sensefly/documents/brochures/eBee_pt.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2016.

SEVERO, Rogério Dorneles. **ORÇAMENTO EM OBRAS DE SANEAMENTO**. Porto Alegre: Technique Engenharia, 2014. 47 slides, color. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/4453617-Orcamento-em-obras-de-saneamento-como-garan4r-um-bom-detalhamento-de-custos.html>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

SILVA, Daniel Carneiro da et al. **Qualidade de ortomosaicos de imagens de VANT processados com os softwares aps, pix4d e photscan**. In: v simpósio brasileiro de ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação, 5., 2014, Recife. **Simpósio**. Recife, 2014. p. 747 - 752. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/geodesia/images/simgeo/papers/150-577-1-PB.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

SUZUKI, Celso Yuji; ROCHA, Marcio Nery da; GIORGINI, Nuno Redondano. **Aplicação de método não destrutivo do tipo pipe bursting para substituição de linha de recalque de esgoto sanitário – estudo de caso da estação elevatória de esgoto riviera**. 2010. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumb, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-10/civil-05.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

**TÉCHNE**. Eletrônica: Pini, v. 85, abr. 2004. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/85/artigo285309-1.aspx>>. Acesso em: 21 maio 2016.

TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

VIDAL, Augusto Manuel Fonseca. **Extração e avaliação de geo informação pelo uso de imagens adquiridas por veículos aéreos não tripulados**. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Geográfica, Faculdade de Ciências Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <[https://sigarra.up.pt/flup/pt/pub\\_geral.show\\_file?pi\\_gdoc\\_id=52658](https://sigarra.up.pt/flup/pt/pub_geral.show_file?pi_gdoc_id=52658)>. Acesso em: 11 abr. 2016.