

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
CAMPUS MONTE CARMELO  
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA**

**HIAGO PEREIRA CAMPOS**

**MAPEAMENTO DE PONTOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA  
POR MEIO DE SISTEMA EQUIPADO COM CÂMARA ESFÉRICA**

**MONTE CARMELO – MG**

**2023**

**HIAGO PEREIRA CAMPOS**

**MAPEAMENTO DE PONTOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA  
POR MEIO DE SISTEMA EQUIPADO COM CÂMARA ESFÉRICA**

Trabalho apresentado como requisito para obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica na Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa

**MONTE CARMELO – MG**

**2023**

**HIAGO PEREIRA CAMPOS**

**MAPEAMENTO DE PONTOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA  
POR MEIO DE SISTEMA EQUIPADO COM CÂMARA ESFÉRICA**

Data de aprovação: 06/02/2023

---

Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa, UFU  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis  
(Convidado)

---

Me. Marcelo Araújo de Faria  
(Convidado)

**MONTE CARMELO - MG  
2023**

## **DEDICATÓRIA**

À minha mãe Simone e meu pai Adriano, minha namorada Adriana, aos amigos e os professores em especial ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa por todo apoio e incentivo na conclusão do curso, dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido chegar até esse momento com saúde e pela força concedida a mim nos momentos de maior necessidade.

Agradeço aos meus pais Adriano e Simone que sempre me apoiaram e estiveram do meu lado, incentivando na conclusão do curso e dando todo o amparo necessário para que nunca pensasse em sequer desistir.

Agradeço a minha namorada Adriana que foi quem mais me auxiliou nesse final de curso e me ajudou na conclusão dele, sempre apoiando e incentivando.

Agradeço aos meus amigos, aos do curso e aos que adquiri ao longo desse processo, vocês foram de fundamental importância e continuarão sendo.

Agradeço ao meu Orientador Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa que sempre me ajudou com tudo que solicitei durante a graduação e durante a elaboração do TCC e me inseriu na área da Fotogrametria.

## RESUMO

O Mapeamento Móvel Terrestre 360° é um método moderno e tecnológico para aquisição de imagens georreferenciadas ao nível da rua, utiliza uma plataforma móvel (veículo automotivo) com sensores e demais equipamentos embarcados. Possibilita coletar imagens sequenciais das fachadas e agiliza o trabalho em campo. O objetivo do trabalho é georreferenciar os ativos de iluminação pública da região central da cidade de Lapa no estado do Paraná utilizando vídeos 360° georreferenciados, por meio de software fotogramétrico. A empresa Integral Soluções disponibilizou vídeos de um levantamento realizado na cidade em fevereiro de 2021, e a licença do software fotogramétrico que realiza, de modo manual, o georreferenciamento de feições de interesse presentes na cena. O controle de qualidade foi realizado por meio de uma base cartográfica dos pontos de iluminação, gerada por vetorização pela Integral Soluções. Esse material possibilitou verificar a diferença de distância dos elementos georreferenciados, através do método de distância para o ponto central mais próximo. Os resultados mostraram que o método de mapeamento móvel terrestre é válido para o georreferenciamento de pontos de iluminação pública.

**Palavras Chaves:** Mapeamento móvel terrestre, iluminação pública, câmara 360°.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa de localização.....	13
<b>Figura 2</b> - Carro equipado com instapro 360°.....	15
<b>Figura 3</b> -Imagem 360°.....	15
<b>Figura 4</b> - Estrutura de dados da tabela.....	16
<b>Figura 5</b> – Interface do software XAMPP.....	17
<b>Figura 6</b> – Página inicial do Banco de Dados.....	17
<b>Figura 7</b> – Tabela de postes.....	18
<b>Figura 8</b> – Interface de login do IntSIG.....	19
<b>Figura 9</b> – Iniciação do processo de recorte.....	20
<b>Figura 10</b> – Interface de recortes.....	20
<b>Figura 11</b> – Interface de recorte com feições.....	21
<b>Figura 12</b> – Eixo das ruas da mancha urbana.....	21
<b>Figura 13</b> – Exemplo de vídeo sem o ajuste de <i>delay</i> .....	22
<b>Figura 14</b> – Exemplo de vídeo com o <i>delay</i> ajustado.....	23
<b>Figura 15</b> – Coleta do primeiro ponto para realizar o georreferenciamento.....	23
<b>Figura 16</b> – Coleta do segundo ponto e armazenamento da coordenada.....	24
<b>Figura 17</b> – Imagem da lâmpada de um ponto de iluminação obtida através do IntSIG.....	24
<b>Figura 18</b> – Mapa da área de estudo.....	25
<b>Figura 19</b> – Pontos de iluminação georreferenciados através do IntSIG.....	26
<b>Figura 20</b> – Base cartográfica dos postes da cidade de Lapa.....	27
<b>Figura 21</b> – Distância para o ponto central mais próximo.....	28
<b>Figura 22</b> – Maior Distância.....	29
<b>Figura 23</b> – Menor Distância.....	29
<b>Figura 24</b> – Representação das camadas da base e do georreferenciamento dos postes.....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Quantidade de postes georreferenciados e vídeos.....	28
<b>Tabela 2</b> – Estatísticas.....	31

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	12
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	13
	3.1 Área de estudo.....	13
	3.2 Material.....	13
	3.3 Mapeamento Terrestre.....	14
	3.4 Vídeo 360°.....	15
	3.5 Banco de Dados.....	16
	3.6 Método.....	19
	3.6.1 IntSIG.....	19
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	28
	4.1 Distância entre os pontos.....	28
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	32
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	33

## 1 INTRODUÇÃO

Os ativos elétricos, são todas as instalações que pertencem as empresas do setor elétrico, entre eles, postes, condutores, medidores etc. Os chamados ativos de Iluminação Pública (IP), são todas as instalações que fornecem iluminação para a localidade, no caso, os pontos de iluminação (ANEEL, 2021).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) busca a padronização das informações dos ativos de IP de cada município. Conforme a Resolução nº414, de 2010 da ANEEL, desde abril de 2012 os municípios brasileiros são responsáveis pela gestão de operação, manutenção, expansão e inovação do sistema de iluminação pública. Anteriormente a gestão era de responsabilidade das distribuidoras de energia.

De acordo com a resolução citada, cada município tem que disponibilizar para a ANEEL uma Base de Dados Geográfica (BDG) a fim de compor o Sistema de Informação Geográfica Regulatório (SIG-R). Essa base é utilizada pela agência para gerir as informações de cada poste, por tipo, localidade e por data (ANEEL, 2021). A finalidade do SIG-R é possibilitar e facilitar a análise, armazenamento e extração de informações técnicas e/ou geográficas dos ativos de iluminação.

Para a realização do georreferenciamento dos postes, a norma da ANEEL (2021) estipula que as coordenadas obtidas através do emprego de aparelhos *Global Navigation Satellite System* (GNSS), devem apresentar precisão mínima de 25 metros para posicionamento planimétrico.

Dentre esses mapeamentos com GNSS não é citado na norma um método específico, portanto todos os métodos que utilizam desse sistema de posicionamento devem atender a precisão, seja por topografia convencional, mapeamento com GPS a pé ou por mapeamento móvel.

O Sistema de Mapeamento Móvel (SMM) é composto por um conjunto de ferramentas de navegação, mapeamento, mensuração e aquisição de imagens, embarcado em um veículo automotor. Este sistema possibilita a obtenção de informações espaciais de qualquer objeto presente nas imagens (BARBOSA *et al.*, 2016). A câmara captura imagens continuamente, enquanto o GNSS fornece o posicionamento global e o INS (*Inertial Navigation System*) dá as informações de orientação. Assim as informações do sistema de posicionamento se complementam quando há interferência ao longo do trajeto, seja de construções, árvores, túneis etc. (SILVA, 2001).

Em ruas e rodovias é comum que os sistemas de localização global não consigam trazer informações efetivas e precisas de posicionamento, em função de fatores externos, dentre eles, prédios e árvores. A utilização do INS melhora a exatidão dos dados referentes ao caminho percorrido pelo veículo (SCHWARTZ *et al.*, 1993).

O sistema de mapeamento móvel facilita a coleta dos dados, por meio de informações obtidas com imagens georreferenciadas das vias (GALLIS; SILVA; CAMARGO, 2002).

A informação coletada das imagens digitais permite a avaliação do posicionamento, da qualidade e da atualização do sinal existente. Deste modo possibilita o cadastro dos aspectos de trânsito, facilita a execução de múltiplas tarefas públicas e privadas, tais como o reparo e atualização da rede (CREUSEN; HAZELHOFF, 2012).

A utilização de câmaras esféricas tem se tornando mais comum nas atividades de georreferenciamento urbano. Um ponto negativo na aplicação é o alto investimento, contudo, dentre as vantagens em sua aplicabilidade está o amplo campo de visão e a alta resolução das imagens. Proporciona visão panorâmica, gera mais informações e resolução, melhor que uma imagem comum (FANGI; NARDINOCCHI, 2013).

O sistema de mapeamento móvel é o método de obtenção de dados utilizado pelo *Google StreetView*. As câmaras facilitam a integração com novas tecnologias, por exemplo de escaneamento laser (FANGI; NARDINOCCHI, 2013).

Com o aumento das cidades a distribuição populacional ocorre de forma desordenada e sem planejamento. As prefeituras perdem o controle sobre o crescimento na mesma proporção que ele ocorre. O domínio das informações espaciais fica comprometido e incompatível com a realidade de cada localidade (BARBOSA *et al.*, 2020).

A aquisição de dados atualizados permite precisão e agilidade na manutenção de postes e lâmpadas, previne falhas e desempenha uma gestão eficiente do serviço prestado, promove a redução de custos e perdas na rede.

Com a publicação da Resolução nº414, de 2010 da ANEEL, as cidades geraram demanda de novos recursos para obtenção de informações espaciais, com preferência por sistemas ágeis, efetivos e de baixo custo.

A organização dos dados obtidos pode ser realizada por um SIG (Sistemas de Informações Geográficas), um sistema computacional utilizado para manejar os diversos tipos de dados espaciais (ARONOFF, 1989).

Através dos dados obtidos com o mapeamento móvel é possível fazer a integração dos elementos espaciais dentro do SIG para gerar informações relevantes as tomadas de decisão do

espaço físico urbano, as prefeituras devem utilizar as informações obtidas para gerir de forma organizada e efetiva a rede de iluminação pública. Os elementos de iluminação que compõem a infraestrutura municipal necessitam de dados descritivos e informações geográficas precisas.

A iluminação pública utiliza da energia elétrica para trazer as áreas urbanas uma melhor qualidade de vida e segurança para sua população (BARBOSA, 2000).

Segundo Barbosa (2000), nos anos 2000 havia incertezas sobre os custos de serviços de operação e manutenção do sistema de IP prestado pelas concessionárias de energia elétrica, em função da privatização delas. Contudo a Agência Nacional Energia Elétrica determinou que a partir de 2014 os municípios brasileiros serão responsáveis pela gestão de operação, manutenção, expansão e inovação do sistema de IP (ANEEL, 2010).

Através do uso das novas tecnologias que surgem é possível reduzir o desperdício de energia elétrica e melhorar a geração, transmissão e distribuição da iluminação pública urbana, fazendo assim com que problemas sociais e ambientais também tenham menor ocorrência (BARBOSA, 2000).

Esses pontos de iluminação foram georreferenciados e armazenados em um banco de dados, banco de dados esse que possibilita a inserção de novas tabelas para adicionar outras feições como por exemplo: tipo de poste, tipo de lâmpada e condições de funcionamento.

O controle de qualidade dos dados obtidos através do mapeamento móvel terrestre foi realizado através de uma base cartográfica de pontos de IP, também disponibilizada, que possibilitou, verificar a acurácia e precisão dos elementos georreferenciados, através de um processo de distância entre os pontos.

A iluminação pública é uma ferramenta de segurança para os cidadãos, logo ter um banco de dados atualizado com as informações de cada ponto de iluminação é uma garantia de segurança pública, o mal funcionamento dos pontos de iluminação pode aumentar a taxa de criminalidade e acidentes no local (CATANA, 2021).

O georreferenciamento dos pontos de IP traz benefícios como: precisão e agilidade na manutenção de postes e lâmpadas, melhor distribuição dos custos com IP, gestão eficiente de recursos e pessoas trabalhando para o funcionamento, redução de perdas e prevenção de falhas e por consequência gera um inventário completo da rede de IP.

Com a vigência da resolução n°414 da ANEEL de 2010 que torna de responsabilidade dos municípios a gestão desses dados de ativos energéticos, as prefeituras de todo o país se viram na obrigação de realizar esse tipo de levantamento aumentando a demanda por esse serviço no mercado.

## **2 OBJETIVO**

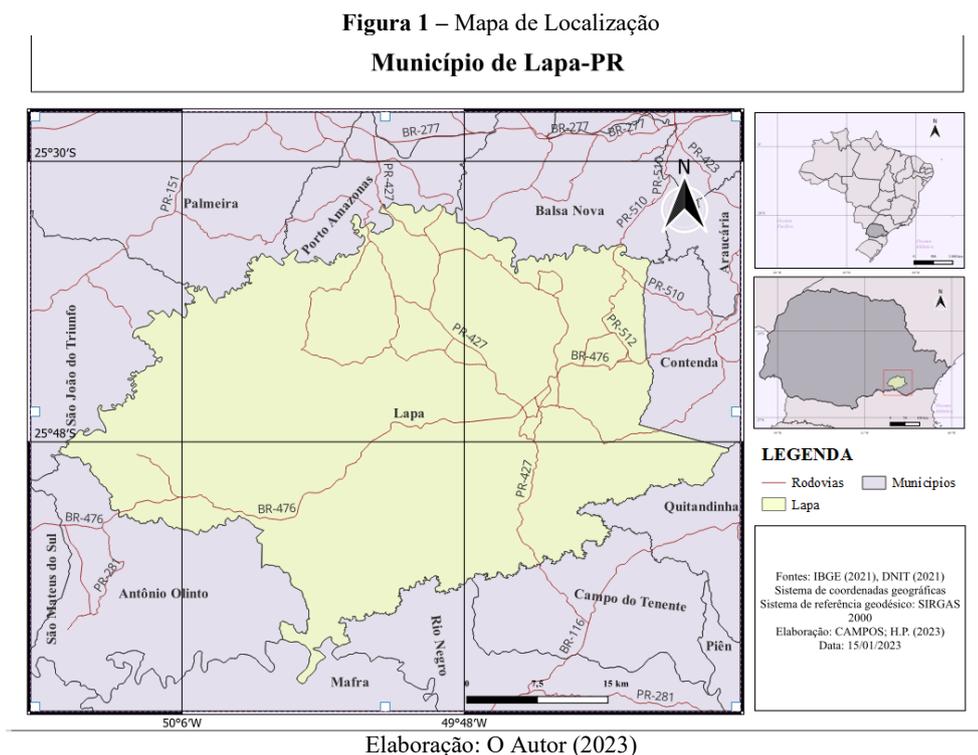
Objetivo geral: georreferenciar os pontos de iluminação das vias de trânsito da região central da cidade de Lapa situada no estado do Paraná através da técnica de mapeamento móvel terrestre.

Objetivo específico: verificar a conformidade do mapeamento terrestre com a base cartográfica existente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A área escolhida para a realização desse trabalho foi o município de Lapa, que está localizado na Mesorregião Metropolitana de Curitiba, a oeste do estado do Paraná cuja população do último censo de 2010 era de aproximadamente 45 mil pessoas (IBGE, 2010).



A Figura 1 identifica o município escolhido que é uma das localidades onde a empresa Integral Soluções realiza trabalhos na área da Agrimensura e Cartografia, tanto com mapeamento móvel terrestre, quanto aéreo. O município conta com uma área total de 2.093,859 km<sup>2</sup> com 12,94 km<sup>2</sup> de área urbanizada (IBGE, 2021).

#### 3.2 Material

Para realização do trabalho se fez necessária a utilização de softwares para o processamento dos dados, informações vetoriais para elaboração de mapas e imagens aéreas.

##### Softwares:

- QGIS 2.18.24

O QGIS é um software livre comumente utilizado para elaboração de mapas e tratamento de dados geoespaciais, também é considerado um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

- XAMPP

O XAMPP funciona basicamente como um iniciador de servidores, como o banco de dados para armazenar as informações do georreferenciamento móvel foi instalado localmente o XAMPP se torna necessário para fazer a ligação entre o MySQL e o servidor local.

- IntSIG

IntSIG é um software privado da empresa Integral Soluções, também é considerado um SIG e nele é possível através de triangulações fotogramétricas georreferenciar objetos nos vídeos, que são obtidos através do mapeamento terrestre, vídeos esses que já estão georreferenciados.

Dados vetoriais:

- Dados vetoriais

Dados vetoriais são vetores de informação digital que materializam o meio físico dentro do SIG, para esse trabalho foram usados dados vetoriais de limites de cidades, municípios, unidades de federação, países e rodovias todos obtidos através do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A base de comparação dos postes é constituída de informações vetoriais da localização dos postes, que foram extraídas pela empresa Integral Soluções através de uma ortofoto georreferenciada.

### **3.3 Mapeamento terrestre**

O mapeamento terrestre foi realizado e disponibilizado pela empresa Integral Soluções, os vídeos gerados pelo levantamento foram feitos com um SMM que conta com uma câmara Insta Pro 360° com lentes *fisheye* e abertura  $f/2.4$  integrada com um sistema GNSS e INS.

**Figura 2** – Carro equipado com a InstaPro 360°



Fonte: Integral Soluções (2021)

### 3.4 Vídeo 360°

Figura 2 mostra o veículo automotor equipado com a câmara esférica. O mapeamento móvel terrestre gera como resultado vídeos 360°, esses vídeos apresentam uma visão panorâmica da via de trânsito e das fachadas por onde ele percorre. Dentro do Software IntSIG é possível mover a visão da câmara para qualquer um dos lados para identificação dos objetos.

**Figura 3** – Imagem 360°



Fonte: Integral Soluções (2022)

A imagem 360° encontra-se representada na figura 3, essa imagem foi retirada de um vídeo 360° do mapeamento móvel realizado na área de estudo, nessa imagem é possível observar que a fachada do lado direito está completamente visível, outrora a fachada do lado

esquerdo não aparece totalmente, porém, dentro do software IntSIG é possível visualizar todo o entorno de onde o veículo está passando.

### 3.5 Banco de Dados

O primeiro passo para realizar o georreferenciamento dos pontos de IP foi a criação de um banco de dados para o armazenamento das informações espaciais, entre elas os vídeos obtidos através do mapeamento terrestre e as coordenadas dos próprios pontos de IP, que foram obtidas através do georreferenciamento.

Figura 4 – Estrutura de dados da tabela

```

18744 --
18745 -- Estrutura da tabela 'usuarios'
18746 --
18747 --
18748 CREATE TABLE `usuarios` (
18749   `usu_codigo` int(11) NOT NULL,
18750   `usu_login` char(50) DEFAULT NULL,
18751   `usu_senha` char(10) DEFAULT NULL,
18752   `usu_nome` char(100) DEFAULT NULL,
18753   `usu_caminho_videos` char(255) DEFAULT NULL,
18754   `usu_caminho_imagens` char(255) DEFAULT NULL,
18755   `usu_tipo` char(1) DEFAULT NULL
18756 ) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;
18757
18758 --
18759 -- Extraindo dados da tabela 'usuarios'
18760 --
18761
18762 INSERT INTO `usuarios` (`usu_codigo`, `usu_login`, `usu_senha`, `usu_nome`, `usu_caminho_videos`, `usu_caminho_imagens`, `usu_tipo`) VALUES
18763 (1, 'Hiago', 'h123', 'Hiago', 'C:\Users\Hiago\Desktop\TCC2\1080p', 'C:\Users\Hiago\Desktop', 'A');
18764
18765

```

Elaboração: O Autor (2022)

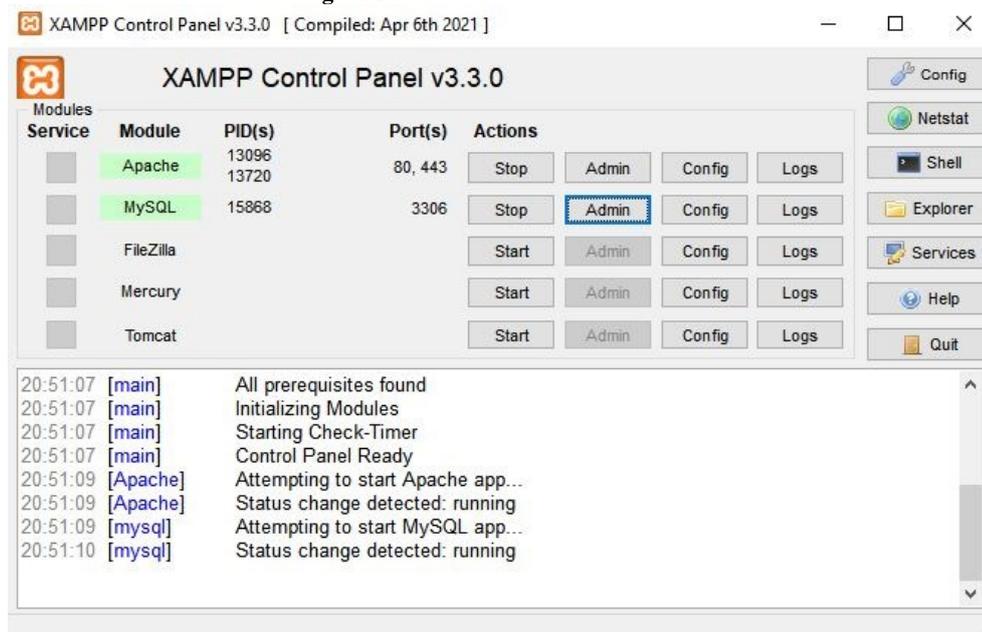
Na figura 4 é possível ver a estrutura da tabela usuário e como é denominado o *login* e *senha* dos usuários.

Foi necessário reproduzir o banco de dados localmente, pois pelo banco de dados da empresa não foi possível operar os vídeos via internet, para acessar o servidor local foi necessário a utilização do XAMPP.

O XAMPP que é um pacote com os principais servidores do mercado e de código aberto, também utiliza de um método de armazenamento local tornando o acesso aos dados quase que instantâneos.

O XAMPP funciona basicamente como um iniciador de servidores, nesse trabalho em específico foi escolhida a utilização de um gerenciador de banco de dados MySQL pela sua praticidade de operação, funcionalidades e por ser um sistema gerenciador de bancos gratuito.

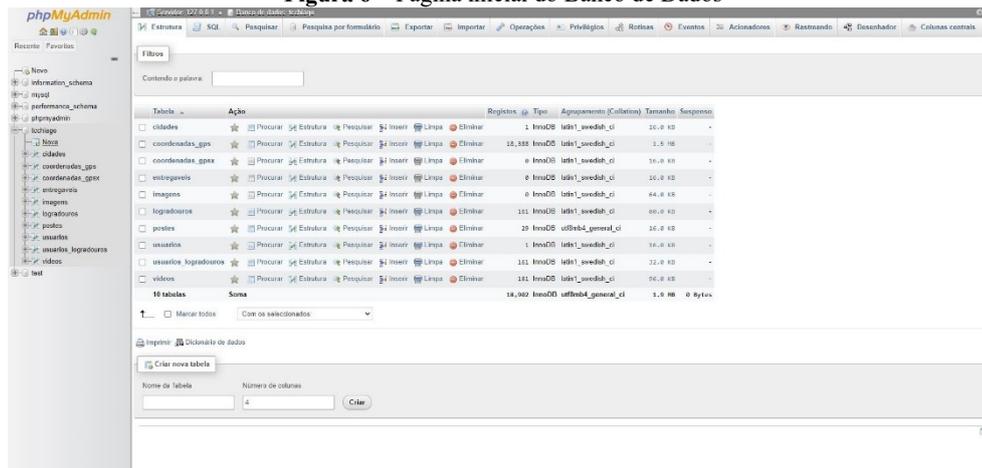
Figura 5 – Interface do software XAMPP



Elaboração: O Autor (2022)

Na figura 5 é apresentada a interface do software XAMPP na versão 3.3.0, para utilização do banco de dados MySQL é necessário iniciar apenas o *Module* MySQL, o *Module* Apache que também é apresentado na imagem como iniciado, é um servidor de internet que serve como um fornecedor de dados para as páginas web na internet, ele permite que os donos de sites mostrem seus conteúdos na internet e os mantenham.

Figura 6 – Página inicial do Banco de Dados



Elaboração: O Autor (2022)

Figura 6 - o banco conta com 10 tabelas de armazenamento sendo uma delas a tabela de coordenadas GNSS que é onde se encontram as informações espaciais do mapeamento móvel terrestre, é possível ver na figura 4 que existem no banco 18,388 coordenadas de GNSS,

juntamente do código de programação utilizado para criar o banco já foram inseridas as coordenadas GNSS no banco, ou seja, ele foi criado já com as coordenadas armazenadas nele.

Outra tabela importante é a tabela de postes, que é onde se localizam as informações espaciais dos postes que foram georreferenciados através do software IntSIG, que será mencionado adiante.

Figura 7 – Tabela de postes

Perfil [ [Editar em linha](#) ] [ [Editar](#) ] [ [Explicar SQL](#) ] [ [Criar código PHP](#) ] [ [Atualizar](#) ]

1 > >> |  Mostrar tudo | Número de registros: 25

Opções extra

pos_codigo	coo_x	coo_y	usu_codigo	pos_date	id_poste
0	628911	7150210	1	2022-08-06 17:39:29	POSTE ID
0	628912	7150207	1	2022-08-06 17:39:59	POSTE ID
0	628915	7150200	1	2022-08-06 17:40:19	POSTE ID
0	628917	7150193	1	2022-08-06 17:40:41	POSTE ID
0	628461	7149146	1	2022-08-06 19:19:05	POSTE ID
0	628496	7149155	1	2022-08-06 19:19:38	POSTE ID
0	628536	7149163	1	2022-08-06 19:19:58	POSTE ID
0	628571	7149173	1	2022-08-06 19:20:17	POSTE ID
0	628601	7149174	1	2022-08-06 19:20:41	POSTE ID
0	628627	7149177	1	2022-08-06 19:20:57	POSTE ID
0	628660	7149181	1	2022-08-06 19:21:15	POSTE ID
0	628725	7149185	1	2022-08-06 19:21:54	POSTE ID
0	628761	7149190	1	2022-08-06 19:22:18	POSTE ID
0	628789	7149196	1	2022-08-06 19:22:36	POSTE ID
0	628826	7149200	1	2022-08-06 19:23:00	POSTE ID
0	628843	7149210	1	2022-08-06 19:23:15	POSTE ID

Elaboração: O Autor (2022)

A Figura 7 mostra a tabela de postes que armazena os dados de coordenada do ponto de iluminação, além de armazenar a data de realização daquele georreferenciamento. Essa informação de quando o poste foi georreferenciado é útil para realizar o controle de onde está esse poste em cada um dos vídeos e com isso obter uma imagem desse poste caso seja relevante, como por exemplo para estudos luminotécnicos ou avaliação física do poste ou de sua lâmpada.

### 3.6 Método

O SMM gera como resultado vídeos 360° georreferenciados onde é possível obter as coordenadas dos objetos que apareçam no vídeo. Para obtenção das coordenadas de interesse no vídeo é preciso de um software que leia esse tipo de informação.

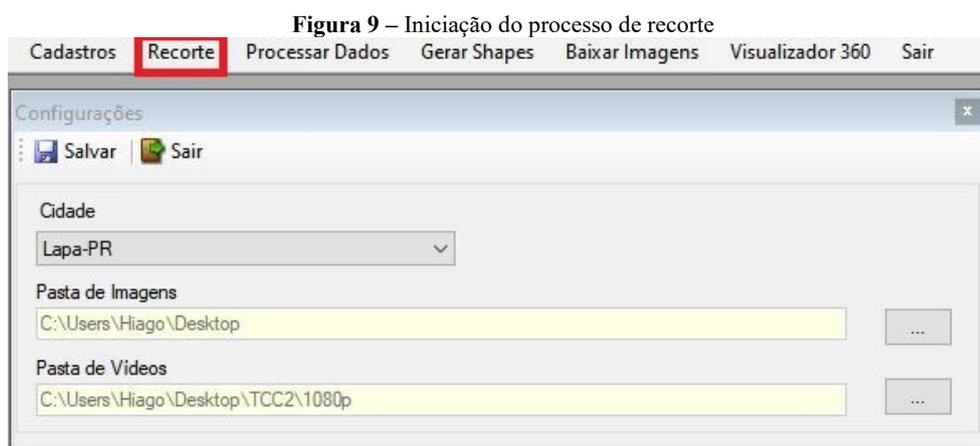
#### 3.6.1 IntSIG

O IntSIG é um software desenvolvido pela empresa Integral Soluções, a mesma que disponibilizou os dados para a realização do estudo, o software é um SIG que utiliza os dados obtidos pelo SMM para realizar o georreferenciamento dos objetos, o primeiro passo para acessar o software é fazendo *login* com seu usuário e senha, durante a criação do banco de dados as informações de usuários também já são inseridas no banco para que o acesso seja possível.



Elaboração: O Autor (2022)

Na figura 8 é exibida a interface de acesso para o software onde é requisitado a senha e o *login*. Esse tipo de interface permite que vários operadores façam *login* de forma remota ao servidor de hospedagem do banco de dados e possam fazer georreferenciamentos ou recortes, é necessário apenas ter os vídeos obtidos através do mapeamento móvel terrestre.

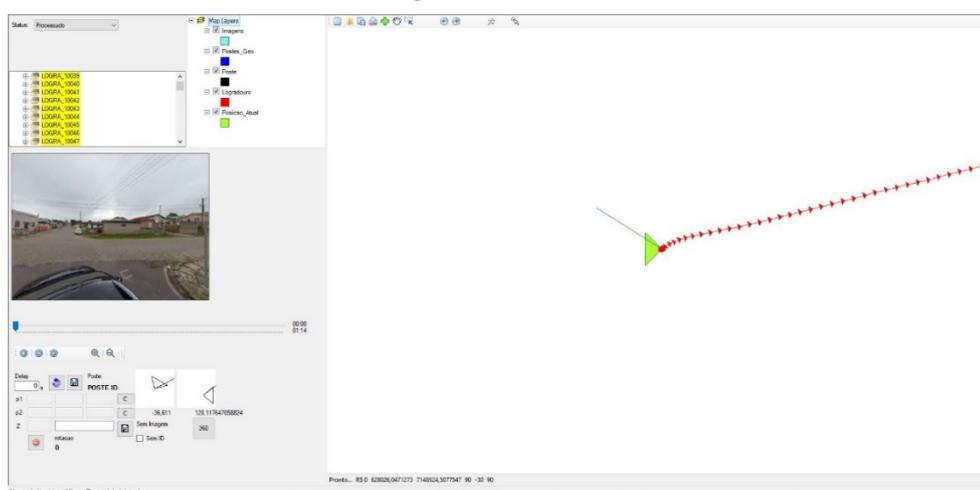


Elaboração: O Autor (2022)

Após a realização do *login* é necessário abrir a aba de recorte destacada na figura 9, nessa aba deve ser feita a seleção da pasta onde serão salvas as imagens caso seja necessário gerar alguma através do vídeo e é necessário destinar a pasta onde se encontram os vídeos.

Feito isso o software irá buscar os vídeos na pasta e os trará para a interface de recortes apresentada na figura 10.

**Figura 10 – Interface de recortes**

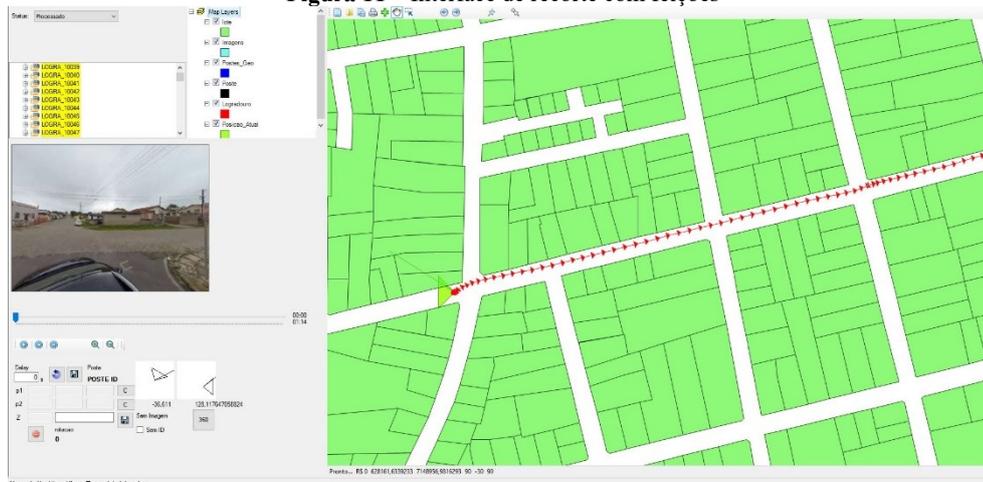


Elaboração: O Autor (2022)

Os vídeos encontram-se no canto esquerdo da figura 10 em amarelo, cada vídeo é um logradouro, ou seja, uma rua/avenida.

Na parte esquerda da interface é onde aparece o trajeto do carro que realizou o mapeamento móvel terrestre, para um melhor discernimento das informações é necessário um sentido de orientação, essa orientação pode ser eixos de rua, fachadas de meio fio e fachadas de lote para que se tenha uma noção de espaço melhor, apresentado na próxima imagem.

**Figura 11 – Interface de recorte com feições**

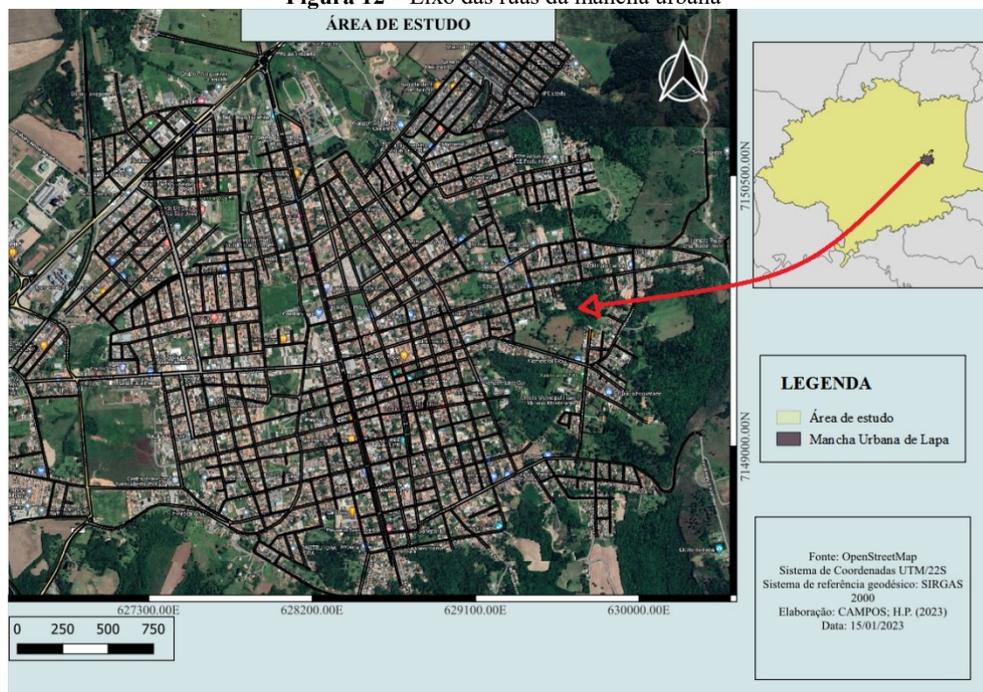


Elaboração: O Autor (2022)

Figura 11 - como o software é um SIG, ele permite a inserção de diversos tipos de dados, nesse caso foi adicionada uma camada shapefile vetorial com informações de lotes, essa base ajuda na melhor espacialização do operador.

Dados do OpenStreetMap (OSM) como os de eixo das vias como mostra a figura 12, também foram utilizados no processo de georreferenciamento através do software, esses dados serviram de apoio para o trajeto percorrido pelo carro.

**Figura 12 – Eixo das ruas da mancha urbana**

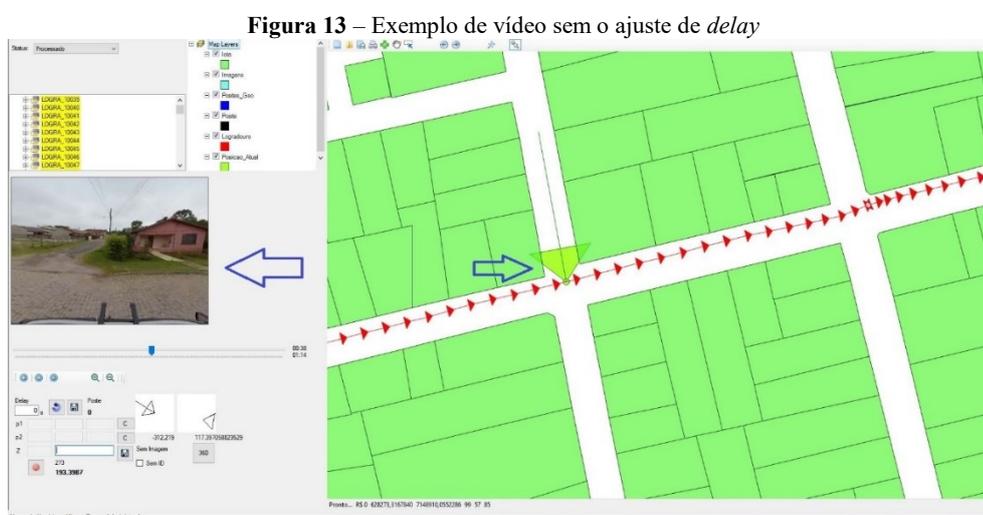


Elaboração: O autor (2022)

Para realizar o georreferenciamento é necessário ajustar os *delays* de cada vídeo individualmente, esse ajuste é “geralmente” um atraso do vídeo em relação ao método de

georreferenciamento. O tempo que leva para o GNSS da câmara assimilar a coordenada à imagem.

Para realizar esse ajuste é necessário observar na imagem dois pontos de apoio que formam aproximadamente 90 graus em relação ao eixo da câmara esférica no momento da análise e ajustar esse ponto de apoio observado no vídeo com a vetorização desse ponto realizada através da própria rota do veículo já que na grande maioria das vezes os pontos de apoios utilizados são ruas perpendiculares a rua em que o carro está.



Elaboração: O Autor (2022)

Destacado em vermelho no canto inferior esquerdo da figura 13 está mostrando o atual *delay* desse vídeo em UTC que é o tempo universal utilizado pelo GNSS e pelo GNSS inercial.

Na imagem do vídeo apontada pela seta azul no lado esquerdo pode notar-se que o veículo com a aparelhagem do SMM não está exatamente formando um ângulo de 90 graus com a rua (ponto de apoio para ajuste nesse caso), e na parte central da imagem a seta azul mostra onde o veículo realmente está e o ângulo de visão da câmera (amarelo), segundo a rota o veículo está perpendicular ao ponto de apoio então é necessário fazer o ajuste do *delay* desse vídeo, diminuindo ou aumentando o *delay* até o vídeo chegar a uma similaridade com a rota, para conferência é interessante que seja feito isso com outro ponto de apoio.

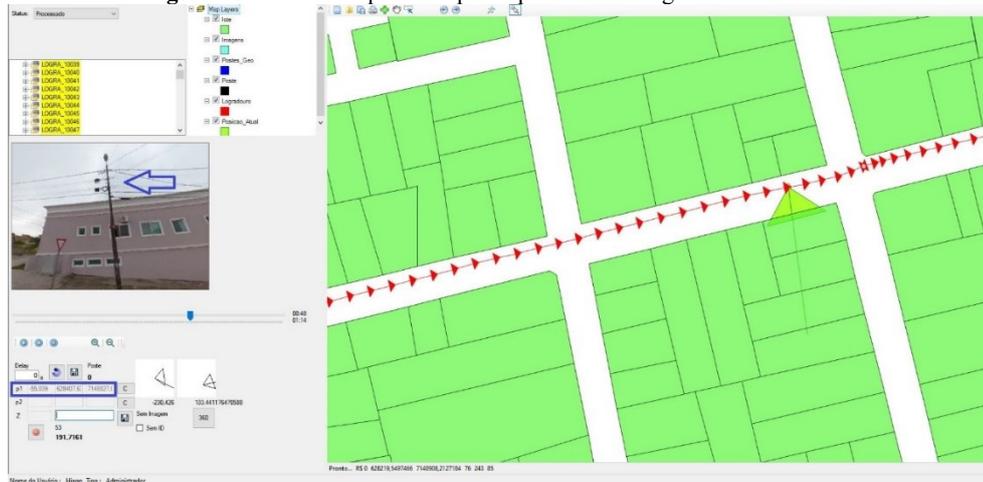
**Figura 14**– Exemplo de vídeo com o *delay* ajustado



Elaboração: O Autor (2022)

Na figura 14 é possível ver que o *delay* foi alterado em alguns milissegundos e o ajuste ficou aceitável, no vídeo é possível ver que a rua está perpendicular ao eixo da câmara assim como esse ângulo de 90 graus se mostra presente na rota.

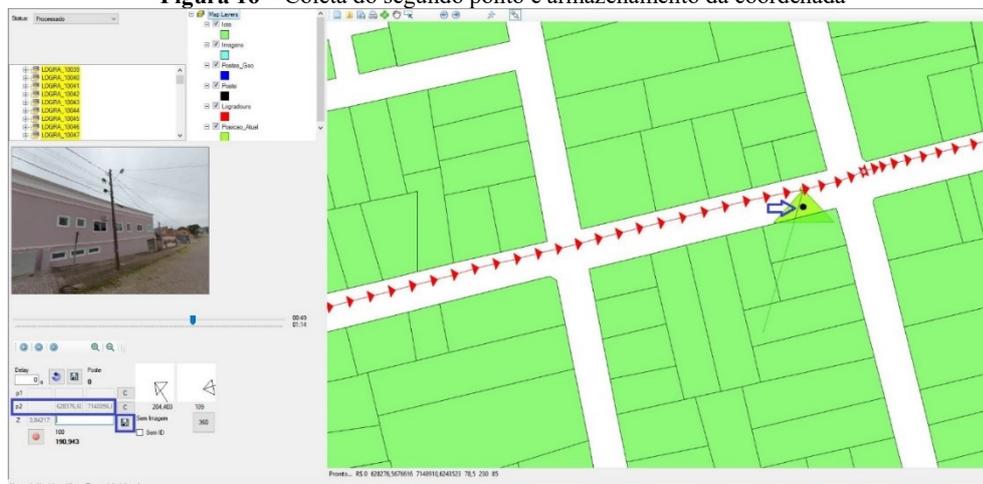
**Figura 15** – Coleta do primeiro ponto para realizar o georreferenciamento



Elaboração: O Autor (2022)

Com o *delay* do vídeo ajustado, Figura 15, começa o processo de georreferenciamento dos postes, para georreferenciar cada poste é necessário localizá-lo no vídeo e observar se o mesmo é ou não um ponto de iluminação, caso seja um ponto de iluminação é necessário que esse poste seja colocado no centro da imagem e com o botão direito do mouse dar um clique em cima do poste, com isso a primeira coordenada é guardada no P1(canto inferior esquerdo).

**Figura 16** – Coleta do segundo ponto e armazenamento da coordenada



Elaboração: O Autor (2022)

Para a obtenção de P2 na Figura 16 (canto inferior esquerdo), é necessário avançar alguns segundos no vídeo para que o carro se desloque e novamente colocar o poste no centro da imagem, clicar com o botão direito em cima dele e de preferência no mesmo lugar onde clicou anteriormente, assim obtém-se P2, com essas duas informações o software realiza uma fototriangulação e calcula as coordenadas do poste e com isso um ponto é gerado (a seta no centro da imagem mostra esse ponto) e armazenado no banco de dados MySQL que foi instalado localmente.

Após repetir esse processo para as vias percorridas pelo SMM é possível fazer o controle de qualidade através da base cartográfica disponibilizada.

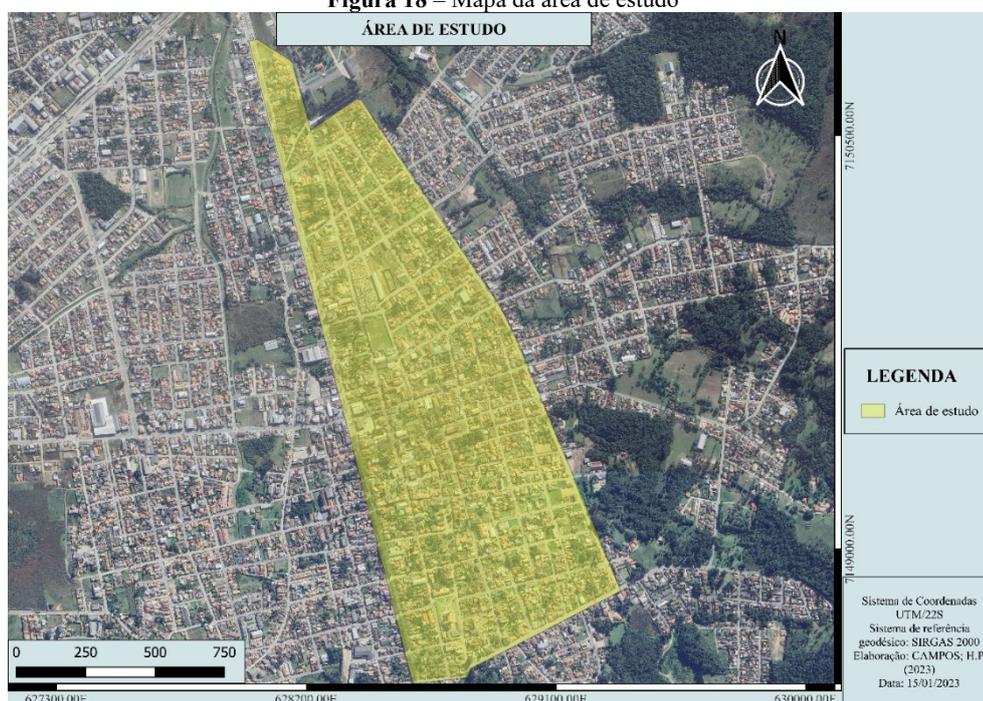
**Figura 17** – Imagem da lâmpada de um ponto de iluminação obtida através do IntSIG



Elaboração: O Autor (2022)

O SMM se destaca na disponibilidade das informações do meio físico que ele pode fornecer, neste trabalho foi feito o georreferenciamento dos pontos de IP através dos dados obtido pelo levantamento, contudo esses dados gerados pelo SMM contém diversas outras informações que são pertinentes a outras áreas de estudo, por exemplo, é possível fazer um estudo luminotécnico de todos esses pontos de iluminação que aparecem nas imagens, é possível fazer a visualização de suas lâmpadas na Figura 17, verificar se estão funcionando ou não, que tipos de lâmpada são entre outros fatores.

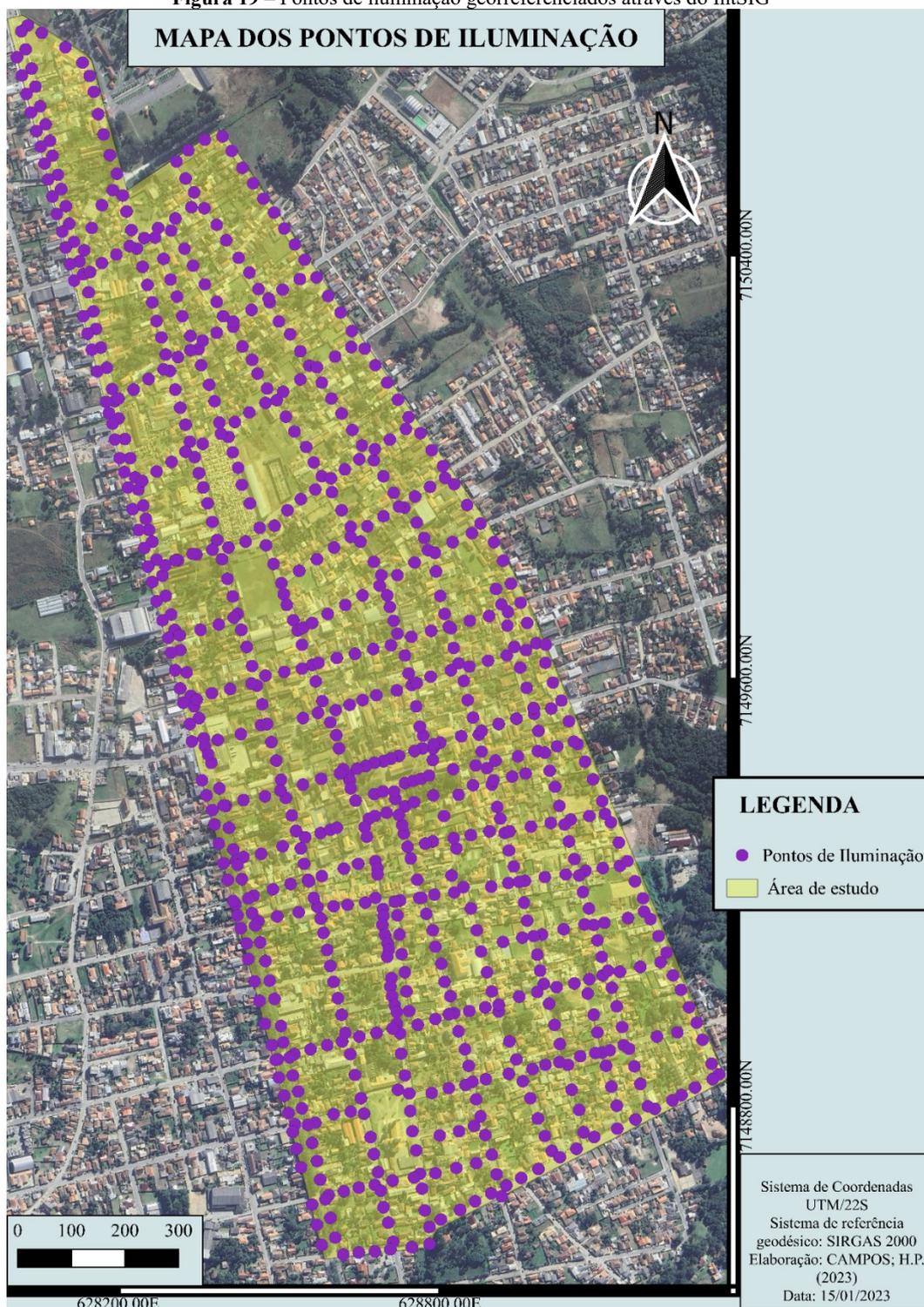
**Figura 18** – Mapa da área de estudo



Elaboração: O Autor (2022)

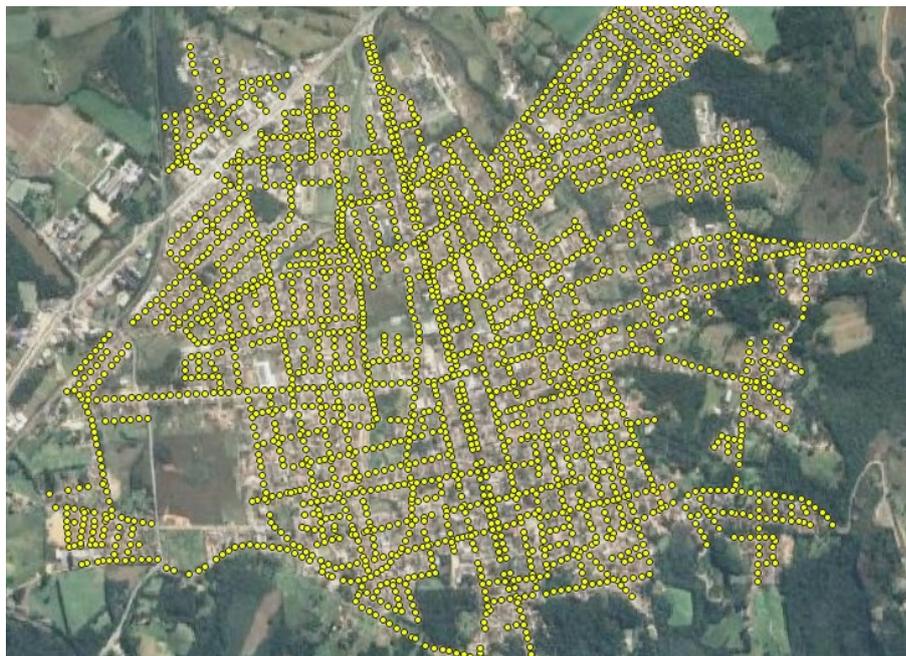
Figura 18 - para fins de validação do método SMM foi definida uma área na parte central da mancha urbana de Lapa-PR para que o georreferenciamento pelo IntSIG fosse feito apenas nessa área amostral. Nessa área de estudo foi gerado todo o georreferenciamento dos postes através do IntSIG, totalizando 815 postes de IP dos quais foram extraídos de aproximadamente 180 minutos de vídeos obtidos do mapeamento móvel terrestre.

Figura 19 – Pontos de iluminação georreferenciados através do IntSIG



O mapa da figura 19 representa em roxo os dados obtidos pelo IntSIG dos pontos com iluminação pública, foram totalizados dentro da área de 1,33 km<sup>2</sup>, 815 pontos de iluminação.

**Figura 20** – Base cartográfica dos postes da cidade de Lapa



Fonte: Integral Soluções (2021)

Na figura 20 com vista da parte de cima da cidade é possível visualizar os postes da base fornecida. O objetivo do controle de qualidade é validar que os pontos obtidos através do SMM estão corretamente georreferenciados, isso é, dentro dos limites impostos pela norma.

## 4 RESULTADOS

Na figura 20 está representada a base cartográfica dos postes na mancha urbana de Lapa-PR, essa será considerada como o valor ideal a ser obtido com o georreferenciamento dos vídeos.

**Tabela 1** – Quantidade de postes georreferenciados e vídeos

Descrição	Quantidade
Postes georreferenciados pelos vídeos na área	815
Postes da base fornecida	733
Tempo estimado total dos vídeos (min)	180
Vídeos utilizados	66

Elaboração: O Autor (2022)

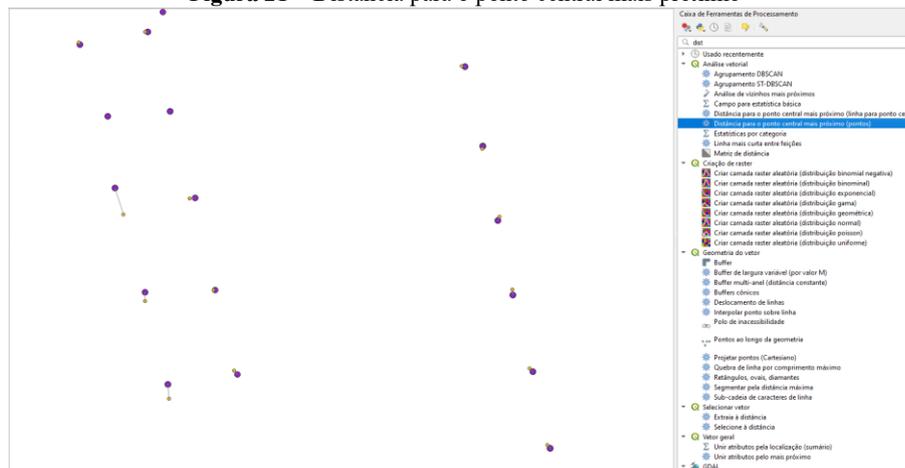
Tabela 1 - com a definição da área de estudo dentro da mancha urbana obteve-se um total de 815 postes georreferenciados através do IntSIG e dentro dessa mesma área a base fornecida contabiliza 733 (89,9% dos pontos georreferenciados) postes, esse déficit de postes da base em relação ao georreferenciamento se justifica pelos aspectos que dificultam a vetorização pela imagem ocasionando em eventuais faltas de informações de pontos de IP que não são identificados através da vista de cima.

Esses 815 postes georreferenciados foram extraídos de 66 vídeos gerados pelo SMM, e a contagem total de tempo desses vídeos é de aproximadamente 180 minutos, gerando uma média de 2,72 minutos por vídeo.

### 4.1 Distância entre os pontos

O QGIS oferece uma função que se chama “distância para o ponto central mais próximo” esse método faz o cálculo da distância entre os pontos centrais mais próximos de diferentes camadas, no caso a camada de georreferenciamento e a camada da base georreferenciada, porém o método pode cometer erros e calcular a distância de dois pontos diferentes até um único ponto, nesses casos é necessário fazer o ajuste manual das distâncias.

**Figura 21** – Distância para o ponto central mais próximo



Elaboração: O Autor (2023)

Na figura 21 é possível identificar que, a maior diferença de distâncias encontrada foi de 9,6 metros, estando essa ainda dentro dos 25 metros estipulados pela ANEEL (2021), a menor entre as distâncias foi de 27 centímetros, a mediana das distâncias foi de 4,47 metros, a média de todas as distâncias foi de 4,64 e o desvio padrão de 2,37 metros.

**Figura 22** – Maior Distância



Elaboração: O autor (2023)

A maior distância obtida pode ser observada na Figura 22, o deslocamento foi significativo, porém ainda é possível identificar o objeto de interesse.

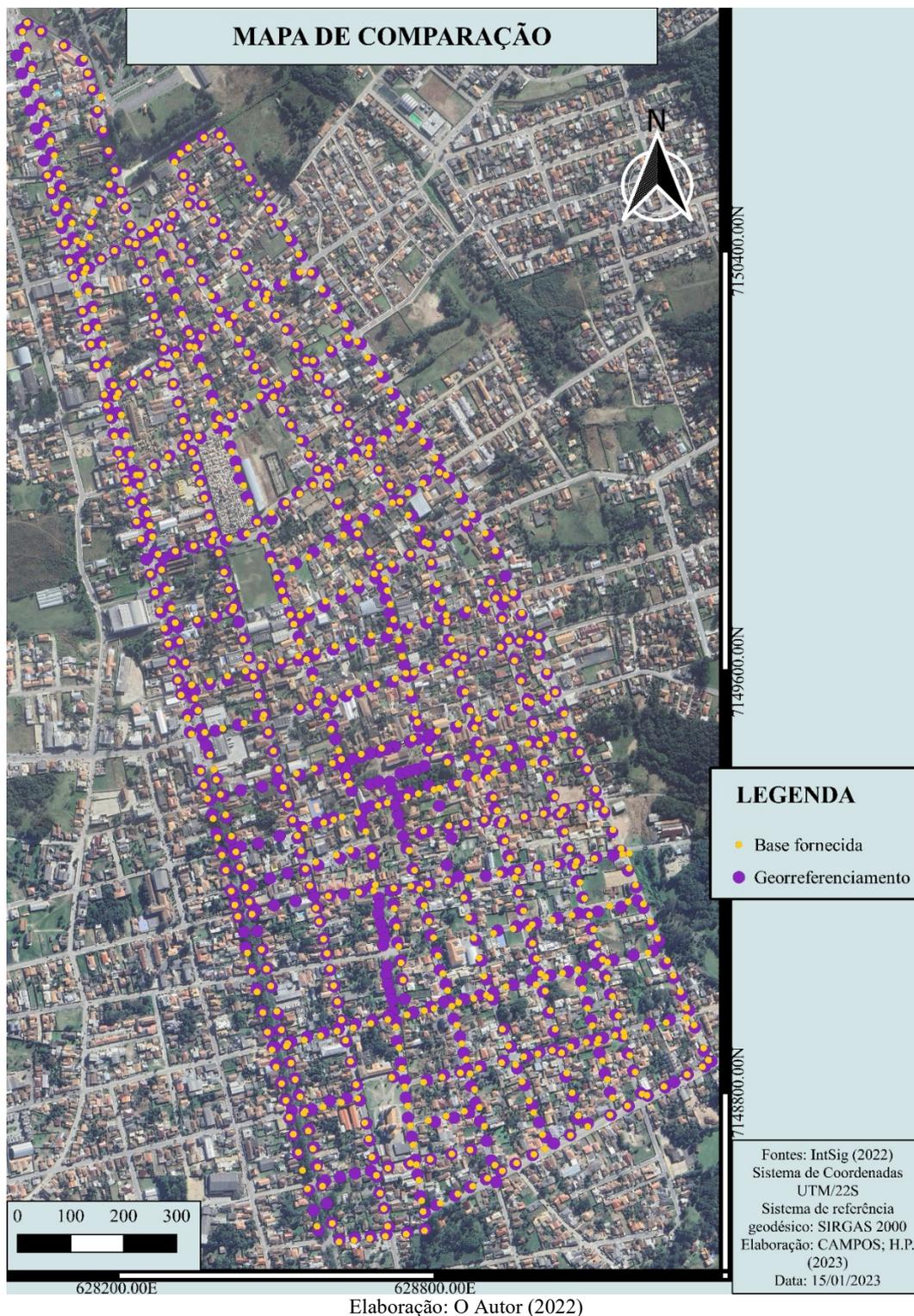
**Figura 23** – Menor Distância



Elaboração: O autor (2023)

Na figura 23 é possível observar a menor distância obtida, sendo diferença de apenas alguns centímetros de um ponto para o outro.

**Figura 24** – Representação das camadas da base fornecida e do georreferenciamento dos postes



Na figura 24 observa-se as camadas obtidas através da vetorização dos postes e a de georreferenciamento dos mesmos, é possível observar que em algumas partes há apenas a

presença dos pontos roxos, indicando apenas os postes que foram georreferenciados e não há postes da base fornecida, a diferença de 82 postes de uma camada para a outra se apresenta nessa imagem.

**Tabela 2** – Estatísticas

Estatísticas	Resultados
Menor Distância entre os pontos (m)	0,27
Média das distâncias (m)	4,64
Desvio Padrão Amostral (m)	2,37
Mediana das distâncias (m)	4,47
Maior distância entre os pontos (m)	9,6

Elaboração: O Autor (2022)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações obtidas pelo mapeamento terrestre com a câmara 360° e as informações da base cartográfica fornecida pela Integral Soluções como parâmetro de validação de posicionamento, foi possível avaliar a utilização do mapeamento móvel terrestre no georreferenciamento dos pontos de iluminação.

Todos os dados obtidos pelo georreferenciamento terrestre atenderam a precisão mínima da norma da ANEEL (2021) que estipula que as informações obtidas por GNSS tenham precisão menor ou igual a 25 metros, onde a maior distância obtida no decorrer desse trabalho foi de 9,6m com desvio padrão de 2,37m, ou seja, mesmo com o erro padrão ainda não extrapola o limite imposto na norma, e a mediana dos dados obtidos é de 4,47m em relação ao ponto da base cartográfica fornecido com média de 4,64m entre os pontos georreferenciados.

Notou-se também que o mapeamento móvel terrestre é mais eficiente na coleta de informações do que a imagem aérea, pois a imagem aérea contém obstáculos obstruindo a visualização dos objetos de interesse, o que não ocorre ou ocorre com menor frequência no mapeamento terrestre.

A conclusão do trabalho se dá pela validação do método de mapeamento móvel terrestre para o georreferenciamento de pontos de IP atendendo a precisão requerida.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). Resolução Normativa No 414/2010. **Condições gerais de fornecimento de energia elétrica**, [S. l.], 2012.
- ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). Resolução Normativa No 956/2021. **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional – prodist**, [S. l.], 2021.
- ANTUNES, A.F.B.; HOLLATZ, R.C.V. Cadastro Técnico Multifinalitário de baixo custo utilizando VANT (veículo aéreo não tripulado). **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa-PB, Brasil**, p. 5858-5864, 2015.
- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management Perspective**. University of Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989.
- BARBOSA, R. **A gestão e o uso eficiente de energia elétrica nos sistemas de iluminação pública**. Dissertação (Pós-graduação em energia) - Faculdade de Economia e Administração. Universidade de São Paulo, 2000.
- BARBOSA, R. L.; HIRAGA, A. K.; GALLIS, R. B. A.; SILVA, F. A. **Implementação e prova de conceito de um sistema de mapeamento móvel**. In: I Simpósio de Agrimensura e Cartografia, 2016, Monte Carmelo. **Anais**. Monte Carmelo: Universidade Federal de Uberlândia, 2016. p.174-181.
- BARBOSA, R.L., HIRAGA, A.K., GALLIS, R.B.A., RAMOS, I. G., BERNARDES, A. C. F. Mapeamento com Integração de Imagens Aéreas Obtidas com ARP e Imagens Terrestres Capturadas com Câmara Esférica. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 3, p. 63-71, 2020.
- BERNADES, D.M.; CELESTE, W.C.; CHAVES, G.L.D. Eficiência energética na iluminação pública urbana: revisão bibliográfica dos equipamentos e tecnologias. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 2020.
- CATANA, C.M.F. **A iluminação e vegetação públicas enquanto estratégia de prevenção da criminalidade de rua**. 2021. 20 f. Monografia (Especialização) - Curso de Comando e Direção Policial, Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna, Lisboa- Portugal, 2021.
- CÂMARA, G.; ORTIZ, M.J. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA: CARTOGRAFIA, SENSORIAMENTO E GEOPROCESSAMENTO**. 1998. p. 59-88.
- CREUSEN, I. M., HAZELHOFF, L. **A Semi-automatic Traffic Sign Detection, Classification, and Positioning System**. In Proceedings of Visual Information Processing and Communication III, 12 2012. Burlingame, California, EUA. Vol. 8305, p.6, 2012.

CRUZ, E.C.; SILVA, J.F.C. **Análise de procedimentos para georreferenciamento e cadastramento de atributos de redes elétricas urbanas.** Dissertação (Pós-Graduação) – Curso de ciências Cartográficas, Faculdade de ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, 2014.

CUNHA, S. R., BARBOSA, R. L., HIRAGA, A. K., GALLIS, R. B. A., FARIA, M. A. WEBSIG alimentado com dados coletados com Sistema de Mapeamento Móvel Terrestre. In: **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva.** 2017. p. 735-738.

DANTAS, A. S.; TACO, P. W. G.; YAMASHITA, Y. Sistemas de informação geográfica em transportes: o estudo do estado da arte. In: **Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes ANPET.** 1996.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, v. 35, 2001.

ERBA, D.A. **Importância dos aspectos jurídicos no cadastro técnico multifinalitário.** Dissertação (Pós-Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 1995.

FAN, F.M.; COLLISCHONN, W. Integração do modelo MGB-IPH com sistema de informação geográfica. **Rbrh: revista brasileira de recursos hídricos.** Porto Alegre, RS. Vol. 19, n. 1 (jan./mar. 2014), p. 243-254, 2014.

FANGI, G.; NARDINOCCHI, C. Photogrammetric processing of spherical panoramas. **The photogrammetric record,** v. 28, n. 143, p. 293-311, 2013.

GALLIS, R. B. A.; SILVA, J. F. C.; CAMARGO, P. O. **Mapeamento Móvel no Brasil: Resultados obtidos com a utilização da Unidade Móvel de Mapeamento Digital** In: **Simpósio Brasileiro de Geomática, 2002,** Presidente Prudente, 2002.

IBGE. Censo Demográfico 2010. In: **IBGE, Censo Demográfico 2010.** [S. l.], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/lapa/panorama>. Acesso em: 7 set. 2022.

INSTA360. **Manual do Usuário Pro 2** [S. l.], pág 234, 2022. Disponível em: <https://onlinemanual.insta360.com/pro2/en-us/compare/appearance-interface>. Acesso em: 7 set. 2022.

JULIÃO, Rui Pedro *et al.* **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (sig) de base municipal.** Lisboa: Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2009. 93 p.

KRUGER, C.; RAMOS, L.F. Iluminação pública e eficientização energética. **Revista Espaço Acadêmico,** v. 16, n. 185, p. 37-49, 2016.

KLINGNER, B.; MARTIN, D.; ROSEBOROUGH, J. Street view motion-from-structure-from-motion. In: **Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision.** 2013. p. 953-960.

LOCH, C. Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial. In: **XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Anais. Porto Alegre.** 2001. p. 79-88.

LOPES, J. A. **Ortofoto.** In: Desenvolvimento e Tecnologia, Rio de Janeiro- RJ; jan/mar., 1987.

MARTIN, P. H., LEBOEUF, E. J., DOBBINS, J. P., DANIEL, E. B., ABKOWITZ, M. D. Interfacing Gis with Water Resource Models: A State-of-the-Art Review 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 41, n. 6, p. 1471-1487, 2005.

NUNES, D.J.B. **Eficiência Energética de Manutenção Preventiva na Gestão de Iluminação Pública.** Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia de Informática, Instituto Politécnico do Porto (Portugal) 2019.

OLIVEIRA, E. B., BARBOSA, R. L., GALLIS, R.B.A., SILVA, J. F. C. Interseção fotogramétrica em um banco de imagens georreferenciadas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 55, n. 1, 2003.

PUENTE, I., JORGE, G.H., SÁNCHEZ, M.J., ARIAS, P. Review of mobile mapping and surveying technologies. **Measurement**, v. 46, n. 7, p. 2127-2145, 2013.

REDWEIK, P. **Fotogrametria aérea.** Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2007.

SANTOS, L.P.; SOBRAL, J.L.F. **Inventário automático de sinais de trânsito: um sistema de mapeamento móvel.** Monografia (Especialização) - Curso de Informática, Universidade de Minho, Braga - Portugal, 2007.

SCHWARZ, K. P.; CHAPMAN, M. A.; CANNON M. W.; GONG, P. **An Integrated INS/GPS Approach to the Georeferencing of Remotely Sensed Data.** Photogram. Eng. & Remote Sens. (J. of the Amer. Soc. of Photogram. & Remote Sens.), 1993.

SECA, N. **Sistemas de informação aplicados a sistemas de iluminação pública.** Dissertação (Mestrado) – Curso de Especialização em sistemas de Informação, Universidade Portucalense Infante D. Henrique, Porto - Portugal, 20013.

SILVA, J.F.C., CAMARGO, P.O., GUARDIA, M.C., REISS, M.L.P., SILVA, R.A.C., GALLIS, R.B.A., OLIVEIRA, R.A. Mapeamento de ruas com um sistema móvel de mapeamento digital. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 53, n. 1, 2001.

SILVA, L.L.F.; LUSTOSA, L. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos energéticos e institucionais.** Dissertação (Pós-Graduação) – Curso de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, F.A. **Georreferenciamento automático de placas de sinalização com imagens obtidas com um sistema móvel de mapeamento.** Tese (Doutorado) - Área de Processamento de sinal e instrumentação, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.

TOMMASELLI, A.M.G., SILVA, J.F.C., HASEGAWA, J.K., GALO, M., DAL POZ, A.P. Fotogrametria: aplicações a curta distância. In: **FCT**. 1999. p. 147-59.

ZHOU, H.; PIRINCCIOGLU, F.; HSU, P. A new roadway lighting measurement system. **Transportation research part C: emerging technologies**, v. 17, n. 3, p. 274-284, 2009.