



Emprego de técnicas de geoprocessamento, mapeamento cartográfico e desenvolvimento de SIG para subsidiar o levantamento cadastral de propriedades isoladas na área do Pantanal Sul-Matogrossense no âmbito da universalização de acesso à energia elétrica

Fabiano Scheer Hainosz ¹
Ellen Christine Prestes Ferronato ¹
Cresencio Silvio Segura Salas ¹
Cesar João Andreazza ¹
Giancarlo Covolo Heck ¹
Letícia Helena Souza da Silveira ²

¹ Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos Lactec
Rodovia BR116, km 98, nº 8813, Jardim das Américas -
Caixa Postal 19.067
81531-980 - Curitiba - PR, Brasil
{fabiano.h,ellen.ferronato, silvio.salas,cesar.andreazza, giancarlo.c}@lactec.org.br

² Energisa Mato Grosso do Sul - EMS
Av. Gury Marques, nº 8000, Santa Felicidade.
CEP 79.072-900 - Campo Grande – MS, Brasil
leticia.silveira@energisa.com.br

Resumo. A universalização do acesso à energia elétrica é um tema de grande relevância para o país, sendo esta uma das preocupações do Governo Federal para com o desenvolvimento do interior. Dados elaborados a partir de estatísticas do Censo 2000 (IBGE) e do Ministério de Minas e Energia (MME) demonstram a relação entre a falta de estrutura de suprimento de energia elétrica e a exclusão social das comunidades, apresentando as grandes dificuldades de desenvolvimento econômico-social destas regiões. Nesse contexto, a Energisa Mato Grosso do Sul, que detém a concessão de distribuição de energia deste Estado, está em busca de soluções técnicas, viáveis economicamente, para universalizar a área rural do Pantanal Sul-Matogrossense, que apresenta grandes desafios devido às suas características geográficas, climáticas e ambientais extremamente peculiares. Portanto, este trabalho se propõe a criar subsídios e ferramentas para facilitar e melhorar as etapas de planejamento e levantamento cadastral das propriedades isoladas no Pantanal Sul-Matogrossense, através do uso de técnicas de mapeamento cartográfico, geoprocessamento e desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). No mapeamento cartográfico foram vetorizados o sistema viário e as edificações da área de estudo a partir de ortoimagens orbitais, para a identificação e classificação das edificações isoladas foram empregadas técnicas de geoprocessamento com o uso do ArcGIS, e para o cadastramento das propriedades em campo foram preparados dois SIG. Todos esses insumos permitirão que as etapas de planejamento e levantamento em campo sejam realizadas com maior eficiência e assertividade.

Palavras-chave: mapeamento cartográfico, geoprocessamento, SIG, áreas isoladas, Pantanal.

Abstract. The universal access to electricity is a very important issue, which is one of the concerns of the Federal Government to the development of the country. Data drawn from 2000 Census Statistics (IBGE) and the Ministry of Mines and Energy (MME) show the relationship between the lack of electricity supply structure and social exclusion of communities, presenting great difficulties in economic and social development. In this context, Energisa Mato Grosso do Sul, which holds the power concession and distribution for the Mato Grosso do Sul State, is looking for technical solutions economically viable, to universalize the rural area at the Pantanal Sul-Matogrossense, that presents great challenges due to its characteristics geographical, climatic and environmental extremely peculiar. Therefore, this paper aims to subsidize the planning stages and cadastral survey of individual properties from the South Pantanal area, using cartographic mapping, geoprocessing and the Geographic Information Systems (GIS) development. In the cartographic mapping were vectorized the road system and the buildings in the study area using orbital orthoimages, for the identification and classification of isolated buildings were used geoprocessing techniques with ArcGIS, and for the buildings registration on the field was prepared two GIS. All of these inputs will allow the planning stages and field surveys are carried out with greater efficiency and assertiveness.

Key-words: cartography mapping, geoprocessing, GIS, isolated areas, Pantanal.

1. Introdução

A universalização do acesso à energia elétrica é um tema de grande relevância para o país porque está diretamente relacionado com o desenvolvimento social. Dados elaborados a partir de estatísticas do Censo 2000 (IBGE) e do Ministério de Minas e Energia (MME) correlacionam a falta de estrutura de suprimento de energia elétrica com a exclusão social das comunidades. De acordo com um estudo do MME publicado em 2003, 27,6% da população rural do Centro-Oeste brasileiro não possui acesso à eletricidade, o que corresponde a cerca de 370 mil pessoas.

A fragilidade das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento do interior ao longo dos anos promoveu um grande fluxo migratório em direção às capitais e grandes centros urbanos. De acordo com o Censo 2014 (IBGE), a população brasileira passou dos 200 milhões de habitantes (202.768.562), dos quais 48,3 milhões de habitantes vivem nas capitais, correspondendo a 23,8% da população total do país. Este fato aumenta ainda mais a desigualdade entre as capitais e o interior, além de sobrecarregar a infraestrutura existente dos grandes centros urbanos e desequilibrar o planejamento dos recursos a serem investidos em cada uma das áreas do país.

No caso específico das regiões isoladas do Pantanal Sul-Matogrossense, a viabilidade do suprimento de energia elétrica às propriedades localizadas nesta região se torna complexa não só pelos aspectos de investimento em infraestrutura, mas também devido às especificidades da região: grandes áreas de preservação ambiental e alagamentos sazonais.

Nesse contexto, previamente a qualquer planejamento que vise o suprimento e a distribuição de energia para as regiões isoladas, a obtenção de uma base de dados georreferenciados completa e atualizada é de suma importância.

Face às dimensões da área do Pantanal Sul-Matogrossense (cerca de 90 mil km²), área de estudo deste trabalho, e à dificuldade em se obter dados espaciais atualizados e com escala adequada (melhor que 1:100.000) para estudos, planejamentos e levantamentos em campo, uma das soluções é a elaboração de uma base cartográfica, a partir do uso de imagens orbitais, definindo-se as camadas de informações que requerem um maior detalhamento e atualização, e consolidando-se essa base com outras compatíveis, já existentes.

Outra questão relevante a ser considerada é o provimento de ferramentas adequadas para o levantamento cadastral das propriedades isoladas como, por exemplo, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) de navegação e cadastramento, de forma que o trabalho possa ser realizado com agilidade, completude, coordenação e, inclusive, maior segurança.

Face ao exposto, visando o levantamento cadastral das propriedades isoladas da área do

Pantanal Sul-Matogrossense, esse trabalho objetiva a elaboração de uma base cartográfica, a análise e cruzamento de dados espaciais e o desenvolvimento de sistemas que auxiliem e subsidiem tanto o planejamento quanto os levantamentos a serem realizados em campo na área de estudo. Este trabalho está inserido dentro de um projeto mais abrangente da Energisa Mato Grosso do Sul, denominado “Desenvolvimento de Metodologia de Suprimento de Energia Elétrica a Sistemas Isolados Críticos no Pantanal Sul-Matogrossense”, que está sendo realizado com o apoio dos Institutos Lactec e Calden Consultoria de Engenharia Ltda.no âmbito do programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL.

2. Objetivos

O trabalho tem como objetivo subsidiar as etapas de planejamento e levantamento cadastral das propriedades isoladas na área do Pantanal Sul-Matogrossense através do uso de técnicas de mapeamento cartográfico, geoprocessamento e desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

3. Materiais e Métodos

3.1. Área de estudo

A área de estudo corresponde ao Pantanal Sul-Matogrossense a qual possui cerca de 90.000 km² e abrange os municípios de Corumbá, Aquidauana, Miranda, Coxim, Rio Verde de Mato Grosso, Ladário e Porto Murtinho. A área de estudo segue ilustrada pela cor rosa na **Figura 1** a seguir.

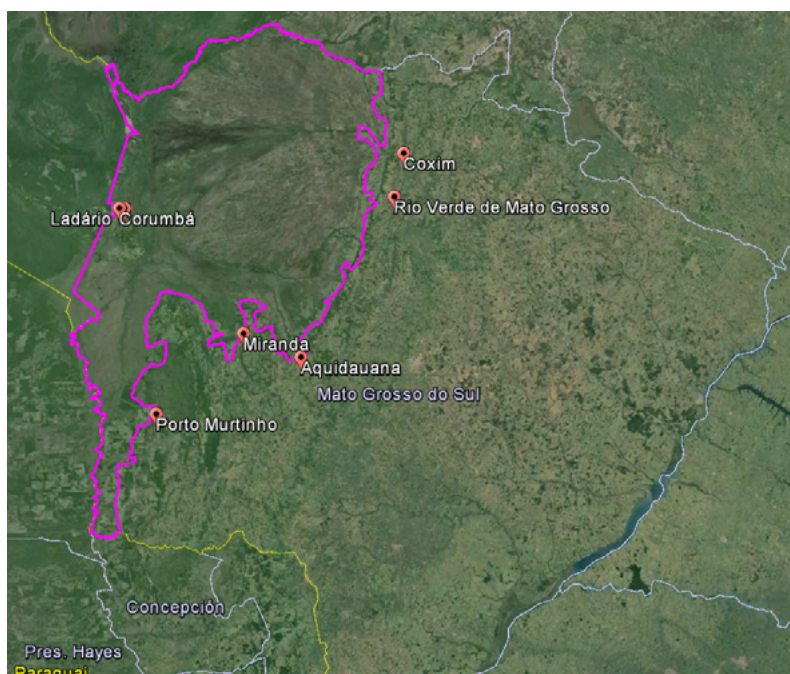


Figura 1. Área de estudo
(fonte: Google Earth Pro, 2016).

Tendo em vista que o enfoque deste trabalho é o levantamento das propriedades isoladas, foram desconsideradas as áreas correspondentes aos limites urbanos dos municípios de Corumbá, Ladário e Porto Murtinho.

3.2. Aquisição de imagens orbitais e análises espaciais

Duas camadas de informações cartográficas foram pré-definidas como essenciais para apoiar as equipes de cadastro em campo. Uma corresponde a todas as edificações não atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica, e a outra camada corresponde às estradas e sistema viário para que as equipes possam planejar como se deslocar para cada uma das edificações isoladas.

Tendo em vista a indisponibilidade de dados cartográficos essenciais atualizados para a área de estudo, fez-se necessária a aquisição de imagens orbitais de catálogo recente (período de aquisição inferior a 1 ano) e com 0% de incidência de nuvens, para que as edificações e sistema viário pudessem ser mapeados. Com base nas referidas condicionantes para aquisição das imagens orbitais, optou-se pela compra de dados SPOT6&7 adquiridos no período de junho a agosto de 2015.

As imagens SPOT6&7 possuem uma resolução espacial de 6 metros para as bandas multi-spectrais RGB e de 1,5 metro para a banda pancromática. Porém, devido à grande diferença de custo de aquisição (aproximadamente 3 vezes maior) das imagens coloridas fusionadas com a banda pancromática, optou-se pela aquisição apenas das bandas multispectrais compostas.

Todas as imagens foram adquiridas georreferenciadas a partir dos parâmetros orbitais do satélite e ortoretificadas a partir do modelo digital de elevação do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). A precisão final prevista para o mapeamento realizado, com base nessas ortoimagens, é compatível com a escala 1:50.000.

Tendo em vista que não são todas as propriedades localizadas na área de estudo que encontram-se isoladas sem acesso a energia elétrica da rede de distribuição, algumas análises espaciais foram realizadas a fim de se identificar apenas quais dessas edificações de fato precisariam ser visitadas e cadastradas em campo. Para a realização dessas análises foram utilizados como dados de entradas as edificações, mapeadas através das ortoimagens orbitais, e os dados espaciais da rede de distribuição de energia elétrica existente (vetores das linhas de distribuição e localização dos transformadores fornecidos pela concessionária de energia elétrica Energisa – EMS). Essas análises espaciais foram realizadas com o auxílio do software da ESRI, o ArcGIS.

3.3. Sistemas de navegação e cadastramento das propriedades isoladas

O cadastramento das propriedades isoladas consiste no levantamento de informações em campo das edificações não atendidas pela rede existente de energia elétrica para a área do Pantanal Sul-Matogrossense, levando-se em conta as características gerais de toda a área e suas particularidades.

Previamente ao início do levantamento em campo, é necessário realizar um planejamento bem detalhado de quais propriedades precisarão ser levantadas e como as equipes farão para se deslocar até as mesmas. Com esse enfoque, esse trabalho também contempla o desenvolvimento e/ou customização de sistemas de informações para fins de navegação e cadastramento, ambos embarcados num único equipamento móvel (*tablet*).

Para a orientação espacial das equipes em campo, uma importante questão considerada foi a baixa disponibilidade e precariedade de conexão à internet na área de estudo (fonte: Anatel, 2015). Deste modo a utilização de aplicativos de navegação que funcionassem desconectados da internet foi imperativo.

Num primeiro momento cogitou-se o desenvolvimento de um aplicativo específico, porém o tempo de análise e desenvolvimento face ao cronograma do projeto tornaram esta opção inviável. Assim, uma vez definido que as equipes de campo trabalhariam com equipamentos móveis e sistema operacional Android embarcado, foi realizada uma busca de softwares que possuíssem a característica de funcionamento desconectados da internet, com suporte à

navegação via GNSS (*Global Navigation Satellite System*), armazenamento de rota, cadastro de pontos de interesse e exibição de arquivos em formato ponto, linha, polígono e imagens georreferenciadas. Um dos aplicativos mais completos encontrados foi o Locus Map Pro (**Figura 2**) na loja de aplicativos Google Play.

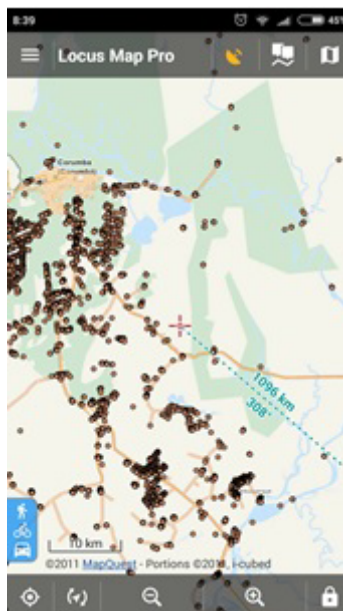


Figura 2. Interface do aplicativo Locus Map Pro.

Uma característica do Locus Map Pro é o suporte a arquivos no formato mbtiles. Este tipo de arquivo armazena basicamente imagens recortadas como ladrilhos (tiles) em vários níveis de zoom, que permite dentro do aplicativo aproximar e afastar o mapa. Os níveis de zoom foram definidos tendo como restrição a geração de arquivos muito grandes (> 1Gb) devido as limitações de memória e processamento do dispositivo móvel.

Para a obtenção dos arquivos mbtiles foi utilizado o software TileMill, o qual segue ilustrado na **Figura 3**.

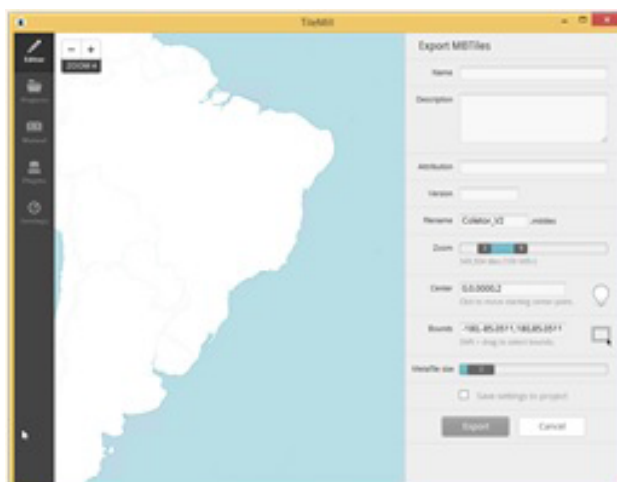


Figura 3. Interface do software TileMill.

Às equipes foi disponibilizado ainda um aparelho GNSS de mão Garmin Etrex 20x como sistema de reserva em caso de falha do dispositivo móvel. Este equipamento permite a navegação por mapas disponibilizados pelo próprio fabricante e registro das rotas efetuadas.

Para a realização das entrevistas com vistas ao cadastro das propriedades, considerando as inúmeras particularidades deste cadastro, foi desenvolvido um sistema computacional composto por um módulo móvel e um módulo WEB, que abrange desde o registro e a transmissão dos dados de campo até a disponibilização de consultas e relatórios de acompanhamento via internet. Esse sistema está baseado na linguagem de programação Python e banco de dados PostgreSQL e segue apresentado e melhor detalhado no item (4.3).

4. Resultados

4.1. Mapeamento cartográfico

Conforme já mencionado as camadas pré-definidas para serem vetorizadas com base nas ortoimagens orbitais SPOT6&7 foram o sistema viário e as edificações. Convencionalmente, para a escala 1:50.000, edificações isoladas não são representadas, porém a identificação destas foi necessária a fim de subsidiar todos os planejamentos, estudos e levantamentos cadastrais em campo. Dessa forma, tendo em vista as dificuldades observadas no mapeamento de edificações de pequeno porte (ex. menores que 200 m² de área) a partir das ortoimagens SPOT6&7 com GSD de 6 metros, o uso de dados complementares como o Google Earth Pro e o ArcGIS Online foi necessário. Também foram consideradas outras camadas de informações auxiliares para a interpretação das imagens como, por exemplo, os limites das propriedades rurais disponibilizado pelo INCRA do Mato Grosso do Sul.

A **Figura 4** a seguir ilustra um exemplo de uma mesma área representada pelas imagens SPOT6&7 (GSD: 6 metros) e as imagens da base de dados do Google Earth Pro e do ArcGIS OnLine.



Figura 4. Exemplo de imagens SPOT e da base de dados do Google Earth e ArcGIS Online.

Observa-se que as imagens do Google Earth Pro e ArcGIS Online apresentam, para a área indicada na **Figura 4**, uma resolução espacial mais apropriada para a identificação de edificações, porém os dados das referidas fontes não são homogêneos para toda a área de estudo e estão desatualizados em algumas localidades (mais de 10 anos de defasagem). Dessa forma optou-se por trabalhar tendo sempre como referência principal as ortoimagens SPOT6&7 e esclarecer eventuais dúvidas a partir das outras fontes.

O resultado, ao final da etapa de mapeamento das edificações e sistema viário, descontado os limites urbanos dos municípios de Corumbá, Ladário e Porto Murtinho, foi de 15.018 edificações e 34.772 km lineares de sistema viário mapeados. A **Figura 5** a seguir ilustra o mapea-

mento completo realizado na área de estudo.

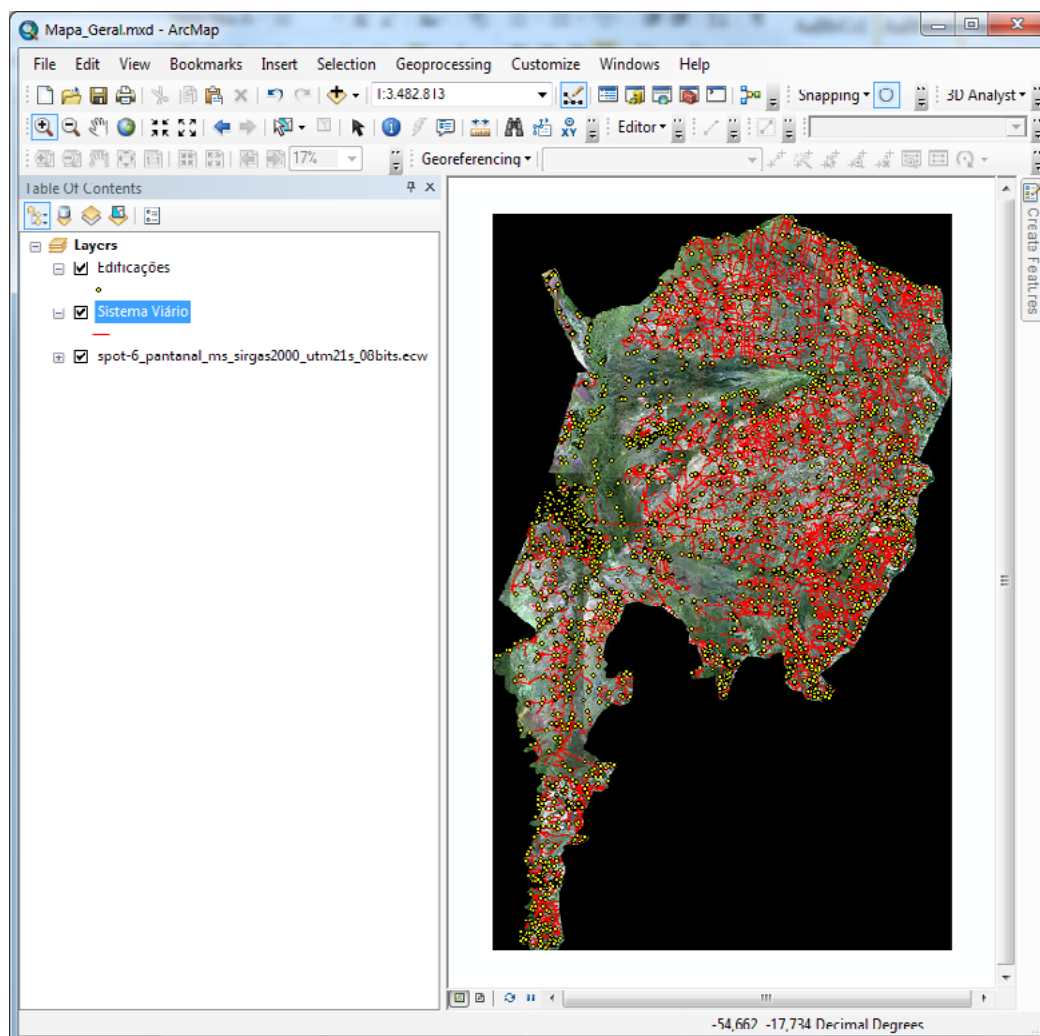


Figura 5. Edificações e sistema viário mapeados na área de estudo.

4.2. Análise de cenários e totalização das propriedades isoladas

Com base nos dados georreferenciados de entrada (edificações, rede de distribuição e transformadores) e auxílio do software ArcGIS, foram obtidos alguns cenários de edificações já atendidas e ainda não atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica. Os cenários considerados seguem apresentados na **Tabela 1** a seguir.

Tabela 1. Cenários de edificações atendidas e não atendidas pela rede de distribuição de energia.

Cenário	Proximidade da rede	Edificações atendidas	Edificações não atendidas	% não atendido
1	30 metros	1.737	13.281	88,4%
2	100 metros	5.912	9.106	60,6%
3	500 metros	9.035	5.983	39,8%
4	1.000 metros	9.212	5.806	38,7%

Na **Figura 6** segue ilustrada uma localidade com as edificações selecionadas para o cenário de 500 metros no entorno da rede de distribuição.

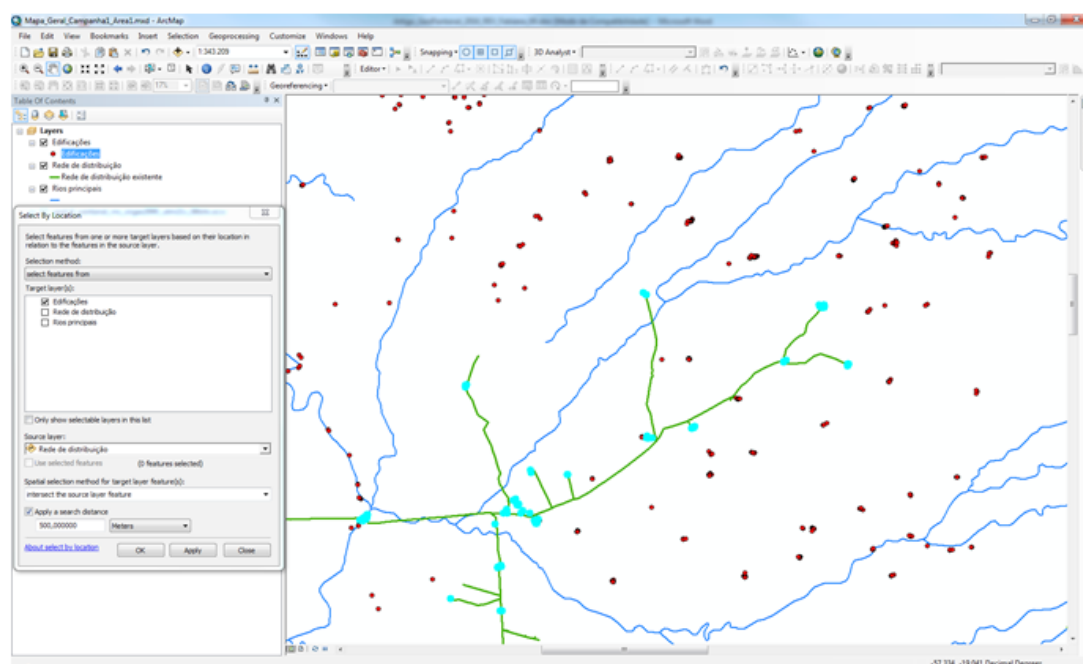


Figura 6. Exemplo de seleção de edificações já atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica existente (cenário 3).

Observa-se que, dependendo do cenário considerado, o número de edificações já atendidas pela rede existente de distribuição de energia sofre uma variação substancial, o que pode resultar num trabalho posterior de levantamento cadastral em campo muito maior dependendo do critério adotado.

4.3. Sistema de informações para o cadastramento das propriedades

Para auxiliar no processo de levantamento de dados cadastrais foi desenvolvido um sistema computacional, composto por um módulo móvel e um módulo WEB, que abrange desde o registro e a transmissão dos dados de campo até a disponibilização de consultas e relatórios de acompanhamento via internet.

O módulo móvel foi desenvolvido na forma de um aplicativo para a plataforma Android e teve suas telas projetadas para melhor exibição em equipamentos do tipo tablet com telas entre 7 e 8 polegadas de tamanho. A **Figura 7** ilustra algumas das telas do módulo móvel.

Com o uso do módulo móvel os cadastradores de campo podem facilmente coletar as informações das propriedades, compreendendo dados de localização geográfica, de construção, de meios de acesso, de atividades econômicas e de produção, de posses e hábitos, de demandas de recursos energéticos, informações sociais, bem como realizar o registro fotográfico. Para abranger a esta gama de dados o formulário de pesquisa conta com mais de 40 telas para preenchimento, sendo o cadastramento completo realizado em um tempo médio de 18 minutos.

Todas as informações registradas no dispositivo móvel (*tablet*) são armazenadas na memória interna do equipamento e em um cartão de memória removível na forma de uma cópia de segurança, prevenindo que, em caso de dano no dispositivo, as informações registradas sejam perdidas. Ainda, o módulo móvel possui a funcionalidade de transmitir todos os dados registrados para um servidor central, sempre que houver acesso à internet disponível.

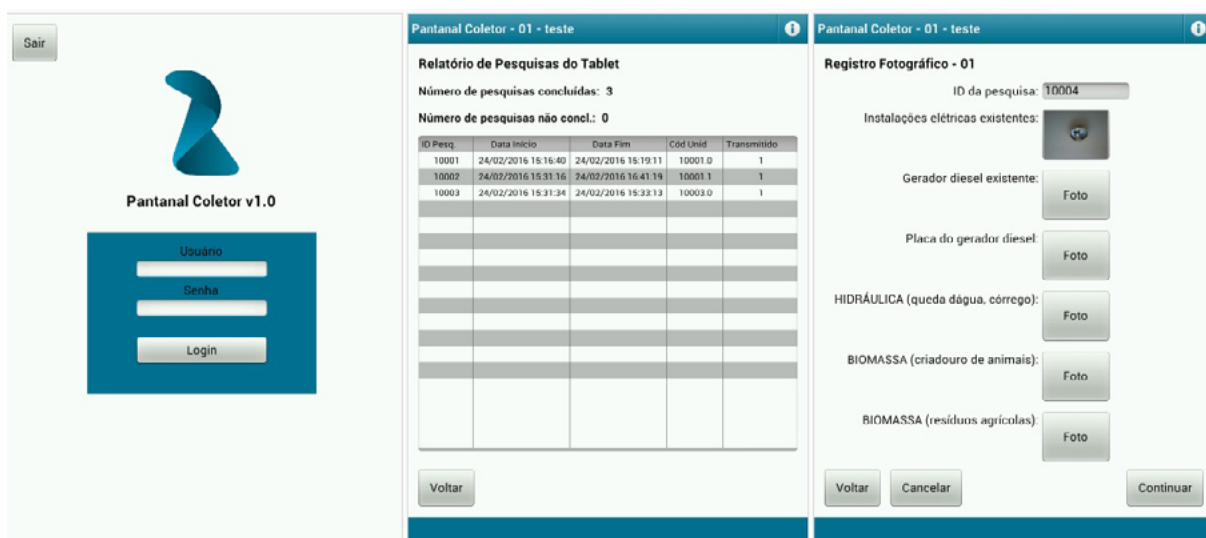


Figura 7. Telas do módulo móvel

O módulo WEB, por sua vez, é uma aplicação WEB acessível via internet, desenvolvida em linguagem de programação Python e com acesso ao banco de dados (PostgreSQL) que recebe as informações transmitidas pelos dispositivos de campo. Este módulo é responsável por disponibilizar consultas e relatórios para o acompanhamento das atividades em tempo real.

Uma das principais funcionalidades do módulo WEB é a consulta georreferenciada das pesquisas. Esta consulta exibe a localização geográfica das propriedades cadastradas, as quais podem ser filtradas pelo número da pesquisa, por equipe de campo ou ainda por um intervalo de datas.

As informações podem ser visualizadas em formato simplificado, por exemplo, clicando uma vez sobre um dos marcadores (bandeiras) apresentadas sobre o mapa, ou em formato completo com o clique duplo sobre o respectivo marcador. As informações completas são apresentadas em uma janela auxiliar no navegador e incluem todas as fotografias coletadas durante o cadastro em campo. A **Figura 8** ilustra estas funcionalidades de clique simples e duplo, respectivamente.

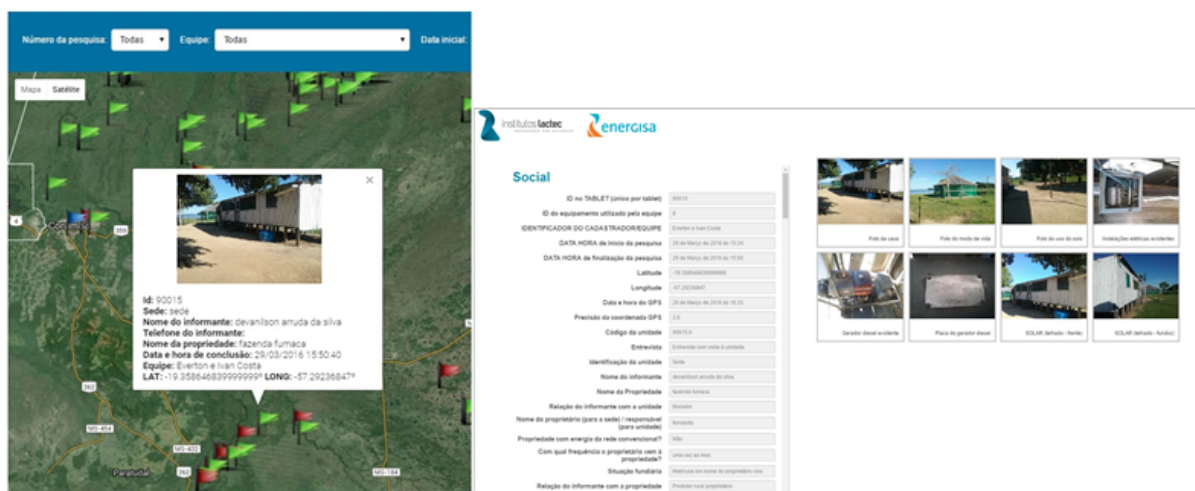


Figura 8. Funcionalidades de visualização de detalhes da pesquisa

Ainda, o módulo WEB permite a emissão de diversos relatórios para auxiliar o processo de

acompanhamento dos trabalhos de campo, bem como a exportação de todos os dados registrados para o uso em outros softwares.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de P&D ANEEL pela disponibilidade de recurso financeiro para a realização deste trabalho.

6. Conclusões

A aplicação das ferramentas de geoprocessamento, mapeamento cartográfico e a utilização de sistemas de navegação e de informações para o levantamento de unidades isoladas na região do Pantanal do Mato Grosso do Sul está apresentando resultados efetivos e possibilitando que o trabalho seja realizado de forma eficiente pelas equipes de campo. A vetorização do sistema viário e das edificações da área de estudo a partir de ortoimagens orbitais possibilita o deslocamento otimizado, através do aplicativo Locus, e a aplicação do questionário através do módulo móvel no equipamento tablet também se mostra efetiva e segura para a reunião das informações em um banco de dados para posterior análise dos resultados.

As análises espaciais para classificação das edificações atendidas e não atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica foi de suma importância, porque permite que, além de totalizar o número de edificações, as equipes se restrinjam a visitar apenas aquelas que de fato não estão contempladas pela rede de distribuição.

Durante o desenvolvimento das atividades, a interação dos pesquisadores com os equipamentos e aplicativos indicou possibilidades de melhorias, as quais foram implementadas a fim de otimizar a coleta de dados e o sistema de navegação, bem como o planejamento das atividades.

Todos esses insumos estão permitindo a realização do trabalho de levantamento em campo de forma eficiente e assertiva.

7. Referências

Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações. **Mapa da Telefonia Móvel**. Disponível em: <http://gatewaysiec.anatel.gov.br/mobileanatel/>. Acesso em: 05 dez. 2015.

Android, **Plataforma de desenvolvimento de aplicações móveis**. Disponível em: <https://developer.android.com>. Acesso em: 10 fev. 2016.

Brasil, IBGE. **Censo Demográfico, 2000**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2015.

Brasil, IBGE. **Censo Demográfico, 2014**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2015.

Google Play – Loja de Aplicativos Google. **Locus Mapa Pro - Outdoor GPS**. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=menion.android.locus.pro>. Acesso em: 15 dez. 2015.

Mapbox – Mapbox/Tilemill. **Create beautiful interactive maps**. Disponível em: <https://www.mapbox.com/tilemill/>. Acesso em: 18 dez. 2015.

MBTiles - **MBTiles Specification**. Disponível em: <https://github.com/mapbox/mbtiles-spec>. Acesso em: 18 dez. 2015.

MME – Ministério de Minas e Energia. 2003. **Programa Luz para Todos**. Brasília. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/luzparatodos>. Acesso em: 15 nov. 2015.

PostgreSQL, **Sistema gerenciador de banco de dados objeto-relacional de código aberto**. Disponível em: <http://www.postgresql.org.br/>. Acesso em: 10 fev. 2016.

Python, **Linguagem de programação para integração de sistemas**. Disponível em: <https://www.python.org/>. Acesso em: 5 de mar. 2016.