

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II
RELATÓRIOS TÉCNICOS
C. Levantamento Cartográfico

Rio de Janeiro, maio de 2019



 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II RELATÓRIOS TÉCNICOS C. Levantamento Cartográfico

Autoria

Aquisição, processamento e interpretação

Fábio Silva da Costa
Giana Grupioni Rezende
Ricardo Duarte de Oliveira
Rubens Esteves Kenup

Colaboração

Daniel Medeiros Moreira
Ivan Soares dos Santos
José Claudicio dos S. Junior
Márcio Ribeiro Junger

Rio de Janeiro, maio de 2019

COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT): Antônio Carlos Bacelar Nunes

COORDENAÇÃO TÉCNICA-EXECUTIVA

Coordenador-Geral: Thales de Queiroz Sampaio

Coordenação técnica: Maria Adelaide Mansini Maia e Jorge Pimentel, Departamento de Gestão Territorial (DEGET)

Assessoria: Helion França Moreira e Ricardo Moacyr de Vasconcellos, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT)

Estudos de geologia aplicada: Sandra Fernandes da Silva, Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)

Estudos de geomorfológicos e historicidade da ocupação: Marcelo Eduardo Dantas, Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)

Estudos hidrogeológicos: Fernando Antônio Carneiro Feitosa, Departamento de Hidrologia (DEHID)

Estudos geofísicos: Lucia Maria da Costa e Silva, Gerência de Geologia e Recursos Minerais/Sup. Reg.de Belém (GEREMI/SUREG-BE), e Luiz Gustavo Rodrigues Pinto, Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE)

Estudos batimétricos: Hortência Assis, Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)

Estudos cartográficos: Fabio Costa, Divisão de Cartografia (DICART)

Modelagem geológica em ambiente 3D: Ricardo Wosniak e Eduardo Grissolia, Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE)

Geoprocessamento: Denilson de Jesus, Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)

EQUIPE TÉCNICA

Alexandre Borba (Geólogo)

Alexandre Lago (Geólogo)

Amaro Luiz Ferreira (Geólogo)

Bruce Fabini Franco Chiba (Geofísico)

Bruno Elldorf (Geólogo)

Cipriano Gomes de Oliveira (Téc. em Geociências)

Daniel Moreira (Eng. Cartógrafo)

Dario Dias Peixoto (Geólogo)

Denilson de Jesus (Eng. Cartógrafo)

Eduardo Moussalle Grissolia (Geólogo)

Eugênio Pires Frazão (Geólogo)

Fábio Silva da Costa (Eng. Cartógrafo)

Fernando Antônio Carneiro Feitosa (Geólogo)

Fernando Lúcio Borges Cunha (Geólogo)

Giana Grupioni Rezende (Eng. Cartógrafo)

Gilmar Pauli Dias (Geólogo)

Heródoto Goes (Geólogo)

Hiran Silva Dias (Analista de sistemas)

Hortência Maria Barboza de Assis (Geóloga)

Ítalo Prata de Menezes (Geólogo)

Ivan Soares dos Santos (Téc. em Geociências)

Jairo Jamerson Correia de Andrade (Geofísico)

João Batista Freitas de Andrade (Geólogo)

Jorge Pimentel (Geólogo)

Jose Antônio da Silva (Geólogo)

Juliana Moraes (Geóloga)

Júlio Cesar Lana (Geólogo)

Larissa Flávia Montandon Silva (Geóloga)

Leandro Galvanese Kuhlmann (Geólogo)

Loury Bastos Mello (Geóloga)

Lúcia Maria da Costa e Silva (Geóloga)

Luiz Antônio R. Almendra (Téc. em Geociências)

Luiz Gustavo Rodriguez Pinto (Geofísico)

Marcelo Ambrósio Ferrassoli (Geólogo)

Marcelo de Queiroz Jorge (Geólogo)

Marcelo Eduardo Dantas (Geógrafo)

Marcio Junger Ribeiro (Téc. em Geociências)

Márcio Martins Valle (Oceanógrafo)

Maria Adelaide Mansini Maia (Geóloga)

Marília de Araújo Costa Rodrigues (Geofísica)

Nilo Costa Pedrosa Júnior (Geólogo)

Patrícia Durringer Jacques (Geóloga)

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (Geólogo)

Rafael Corrêa de Melo (Geólogo)

Ricardo Cavalcanti Santiago (Geofísico)

Ricardo Duarte de Oliveira (Eng. Cartógrafo)

Ricardo Wosniak (Geólogo)

Roberto Gusmão de Oliveira (Geólogo)

Rodrigo Luiz Gallo Fernandes (Geólogo)

Ronaldo Gomes Bezerra (Geólogo)

Rubens Esteves Kenup (Eng. Cartógrafo)

Rubens Pereira Dias (Geólogo)

Sandra Fernandes da Silva (Geóloga)

Thales de Queiroz Sampaio (Geólogo)

Thiago Dutra dos Santos (Geólogo)

Tiago Antonelli (Geólogo)

Valter José Marques (Geólogo)

Vanildo Almeida Mendes (Geólogo)

Victor Augusto Hilquias Silva Alves (Geólogo)

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO

Warley Aparecido Pereira (Jornalista)
Letícia de Barros Alves Peixoto (Jornalista)
Pedro Henrique Pereira dos Santos (Comunicador Organizacional)

ASSESSORIA JURÍDICA

Vilmar Medeiros Simões (Consultor Jurídico)

COLABORAÇÃO E AGRADECIMENTOS

Prof. Dr. Aderson Farias do Nascimento, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Prof. Dr. André Etienne Ferraz, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. André Ferrari, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. Emanuel Jardim de Sá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Geólogo Guilherme Estrela, Ex-diretor de Exploração e Produção da Petrobras
Prof. Dr. Luiz Antônio Pierantoni Gamboa, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Geólogo Ricardo Latgé Milwart de Azevedo, Conselho-Diretor do Clube de Eng. e Conselheiro do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro (CREA-RJ)
Prof. Me. Abel Galindo Marques, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Profa. Dra. Regla Toujaguez La Rosa Massahud, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Prof. Me. Nagib Charone, Universidade Federal do Pará (UFPA)
Governo do Estado de Alagoas
Prefeitura de Maceió
Defesa Civil Nacional
Defesa Civil do Estado de Alagoas
Defesa Civil de Maceió
59º Batalhão de Infantaria Motorizada
Equatorial Energia Alagoas
United States Geological Survey (USGS)

APOIO CPRM

| | |
|--|--|
| Coordenação de Eventos e Cerimonial (DIG) | Divisão de Cartografia (DICART) |
| Departamento de Gestão Territorial (DEGET) | Divisão de Informática (DIINFO) |
| Departamento de Hidrologia (DEHID) | Superintendência Regional de Belém (SUREG-BE) |
| Departamento de Administração de Material e Patrimônio (DEAMP) | Superintendência Regional de Belo Horizonte (SUREG-BH) |
| Departamento de Contabilidade, Orçamento e Finanças (DECOF) | Superintendência Regional de Goiânia (SUREG-GO) |
| Departamento de Informações Institucionais (DEINF) | Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA) |
| Divisão de Editoração Geral (DIEDIG) | Superintendência Regional de Recife (SUREG-RE) |
| Divisão de Gestão Territorial (DIGATE) | Superintendência Regional de Salvador (SUREG-SA) |
| Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) | Superintendência Regional de São Paulo (SUREG-SP) |
| Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE) | Residência de Fortaleza (REFO) |
| Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM) | Residência de Porto Velho (REPO) |
| Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE) | Residência de Teresina (RETE) |
| Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP) | Escritório do Rio de Janeiro |
| | Sede Administrativa Brasília/DF |

APRESENTAÇÃO

Historicamente, o bairro Pinheiro, localizado no município de Maceió (AL), vem apresentando inúmeras fissuras, trincas, rachaduras e afundamentos em moradias e vias públicas. O fenômeno se intensificou com a forte chuva de verão de 15 fevereiro de 2018 e o evento sísmico de magnitude regional igual a 2,4 de 3 de março de 2018 ocorridos na região, que levaram inclusive à interdição de diversas moradias.

Em decorrência, foi solicitada a presença de técnicos do Serviço Geológico do Brasil - CPRM por meio dos ofícios nº 044/2018 – CEDEC-AL e nº 34/2018 – PJC/MPE/AL para auxiliar na investigação das causas do fenômeno responsável pelos danos gerados a alguns imóveis e vias públicas localizados no bairro Pinheiro, posteriormente identificados também nos bairros vizinhos do Mutange e Bebedouro, o que levou à extensão da investigação.

Os resultados obtidos até a presente data pelos diversos métodos investigativos utilizados pela CPRM no período de junho de 2018 a abril de 2019 estão organizados nos seguintes três volumes, com pormenores sobre a metodologia utilizada, de modo a responder a portaria MME nº 20 de 11 de janeiro de 2019, que se refere à designação do Serviço Geológico do Brasil para elucidar as causas do fenômeno.

➤ **Volume I – Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL): relatório síntese dos resultados nº 1.**

Apresenta os principais resultados obtidos nas investigações de forma resumida e adequada ao público não especialista.

➤ **Volume II – Relatórios Técnicos**

Compreende os seguintes relatórios que embasaram o volume I, que poderão sofrer seja atualização, seja aprofundamento, com o avanço dos trabalhos ou aquisição de novas informações:

- A. Mapa de feições de instabilidade do terreno
- B. Levantamento interferométrico
- C. Levantamento cartográfico
- D. Aspecto geológico e estrutural
- E. Aspecto geomorfológico e do histórico de ocupação do bairro
- F. Caracterização geológico-geotécnica
- G. Geofísica – Radar de Penetração do Solo (GPR) em residências e em vias públicas
- H. Geofísica – Batimetria na lagoa Mundaú
- I. Geofísica – Eletrorresistividade

- J. Geofísica – Gravimetria
- K. Geofísica – Audiomagnetotélúrico (AMT)
- L. Geofísica – Sismologia
- M. Hidrogeologia
- N. Integração de dados geológicos e de extração de sal em ambiente 3D

➤ **Volume III – Sistema de Informações Geográficas**

Reúne as informações vetoriais e matriciais georreferenciadas (geoinformação) utilizadas ou geradas pelo presente estudo, organizadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG), para uso em *softwares* de geoprocessamento. Os dados estão no formato *shapefile*, com projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) 25S, Datum SIRGAS2000.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUÇÃO | 7 |
| CONSIDERAÇÕES GERAIS | 7 |
| EQUIPAMENTOS UTILIZADOS | 8 |
| MÉTODOS APLICADOS | 8 |
| POSICIONAMENTO GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)..... | 8 |
| NIVELAMENTO GEOMÉTRICO | 10 |
| AQUISIÇÃO DOS DADOS | 10 |
| DADOS GNSS | 10 |
| NIVELAMENTO GEOMÉTRICO | 13 |
| PROCESSAMENTO E GERAÇÃO DE PRODUTOS | 16 |
| PROCESSAMENTO DAS RRNN | 16 |
| PROCESSAMENTO PARA GERAÇÃO DO PRODUTO FINAL..... | 19 |
| DEMANDAS COMPLEMENTARES | 23 |
| CADASTRAMENTO DOS POÇOS ANTIGOS NA REGIÃO | 23 |
| INTEGRAÇÃO DA BATIMETRIA E DA TOPOGRAFIA..... | 24 |
| AEROLEVANTAMENTO | 25 |
| LOCAÇÃO DE PONTOS EM APOIO À GRAVIMETRIA | 30 |
| CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 32 |
| CONCLUSÕES..... | 32 |
| RECOMENDAÇÕES..... | 33 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 35 |
| | |
| APÊNDICE 1 – ASPECTO GERAL DAS ESTRUTURAS DE EXTRAÇÃO DE SAL-GEMA.... | 36 |
| APÊNDICE 2 – SISTEMA DE MONITORAMENTO PROPOSTO | 52 |

INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve as atividades de Engenharia Cartográfica empreendidas na Ação Emergencial no Bairro Pinheiro na cidade de Maceió, estado de Alagoas, realizadas pela Divisão de Cartografia (DICART), como estudo complementar na identificação das causas da instabilidade do terreno.

Foram realizadas três campanhas de campo para a realização de levantamentos cartográficos na região que abrange os bairros do Pinheiro, Bebedouro, Chã da Jaqueira e Mutange, nos meses de fevereiro, março e abril de 2019.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Segundo o IBGE (1997), levantamento é o conjunto de operações destinado à execução de medições para a determinação da forma e das dimensões do planeta, os quais permitirão o controle horizontal e vertical através da determinação de coordenadas planimétricas e altimétricas.

Dentre os diversos levantamentos necessários à descrição da superfície terrestre em suas múltiplas características, pode-se destacar o levantamento geodésico com uso da tecnologia da geodésia por satélites, como, por exemplo, o sistema global de posicionamento (GPS, em inglês).

Os levantamentos geodésicos compreendem o conjunto de atividades dirigidas para as medições e observações que se destinam à determinação da forma e das dimensões do nosso planeta (geóide e elipsóide). É a base para o estabelecimento do referencial físico e geométrico necessário ao posicionamento dos elementos que compõem a paisagem territorial (IBGE, 1997).

As atividades de campo da DICART consistiram em levantamentos geodésicos para a implantação de um marco geodésico com coordenadas planimétricas (E, N) e altimétricas (H) obtidas por rastreamento GPS, servindo de estação base para os demais levantamentos na região de interesse.

Construção de outros marcos geodésicos, para a obtenção das coordenadas planialtimétricas (E, N, H), estrategicamente próximos das minas de sal-gema e dos poços de água para a obtenção das altitudes ortométricas (H) através do nivelamento geométrico.

As altitudes que têm como referencial o geóide são chamadas de ortométricas (H), sendo definidas pela distância de um ponto ao longo da vertical entre a superfície física e sua projeção na superfície geoidal.

Mais uma ação da equipe foi a Implantação de Referências de Nível (RRNN) para o apoio ao levantamento gravimétrico-altimétrico para os estudos Geofísicos da equipe da Gravimetria, para obtenção das altitudes ortométricas (H).

Realização, em duas etapas, de um aerolevante com VANT (Veículo aéreo não tripulado) para obtenção de produtos cartográficos como, por exemplo, ortofotos e de um modelo digital do terreno (MDT) de precisão da área de interesse.

E finalmente o processamento no gabinete de todos os dados gerados no campo, utilizando o software específico de cada equipamento para a entrega final de todos os produtos cartográficos demandados.

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- par de Receptores Trimble R8s GNSS RTK (1 receptor base e 1 receptor *rover*);
- par de Receptores GNSS Topcon HIPER SR;
- um nível topográfico digital FOIF EL302A e um nível digital FOCUS DL-15, ambos acompanhados de uma mira;
- um VANT modelo eBee X.

MÉTODOS APLICADOS

Posicionamento GNSS (Global Navigation Satellite System)

O termo GNSS é utilizado para a denominação de um conjunto de Sistemas de Navegação por Satélite, que fornece a um aparelho receptor móvel a sua posição tridimensional sobre a superfície da Terra.

O posicionamento através do GPS (*Global Positioning System*) pode ser realizado a partir de diferentes técnicas e observáveis, que podem fornecer níveis de precisão que pode variar de metros até milímetros. Ressalta-se que a observável utilizada no processo de estimação das coordenadas é um dos principais fatores que influenciam os níveis de precisão alcançados.

O sistema GPS é composto por no mínimo 24 satélites artificiais com órbitas quase circulares que emitem sinais de rádio, garantindo pelo menos 4 satélites acima do horizonte, em qualquer hora do dia e sob quaisquer condições atmosféricas, proporcionando o posicionamento 3D e ainda a correção de erros inerentes aos relógios dos satélites. Os sinais são modulados, em fase, por ondas portadoras da banda L de rádio frequência (MOREIRA, 2010).

Conforme IBGE (2008), de forma que minimize a degradação da precisão determinada pelo GPS, foram seguidos os seguintes critérios para a seleção do local para a implantação dos marcos geodésico:

- a área ao redor deverá ser livre de obstrução que possa interferir na captação dos sinais dos satélites ou refleti-los;
- deverão ser evitados locais próximos a estações de transmissão de microondas, radares, antenas radiorrepetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem por representarem possíveis fontes de interferência para os sinais GPS;
- o local escolhido deve ser de fácil acesso;
- o solo deve ser firme e estável para devida estabilização do marco;
- deve-se optar por locais onde a segurança e preservação do marco estejam garantidas;

Uma etapa importante na realização de levantamentos utilizando o GPS é a escolha dos equipamentos a serem utilizados. Atualmente o número de marcas e modelos de receptores é grande e cada um tem características, funções e preços específicos, que podem variar muito. Uma maneira de selecionar o equipamento necessário pode ser utilizando o comprimento da linha de base a ser medida e/ou a precisão requerida.

Na fase de planejamento também é importante considerar alguns parâmetros:

- Máscara de elevação que tem como objetivo tornar mais eficaz a coleta de informações advindas dos satélites GNSS, visto que ela filtra os sinais de satélite a partir de um determinado ângulo de elevação em relação ao horizonte;
- Observações de satélites com problema;
- Intervalo de coleta;
- Escolha da estação de referência.

Em muitos casos a pré-configuração dos receptores facilita a execução dos levantamentos, além de garantir, na maioria das vezes, a padronização dos trabalhos e contribuir com a qualidade dos resultados.

Nivelamento Geométrico

O nivelamento também é conhecido como levantamento altimétrico, que permite determinar os desníveis, ou seja, a diferença de altitude de pontos da superfície em relação a outro. O método adotado, o Geométrico, é o mais preciso, utilizam-se miras verticais graduadas e níveis topográficos para medir através de visadas horizontais as altitudes ortométricas (figura 1).

As altitudes que têm como referencial o geóide são chamadas de ortométricas (H), sendo definidas pela distância de um ponto ao longo da vertical entre a superfície física e sua projeção na superfície geoidal.

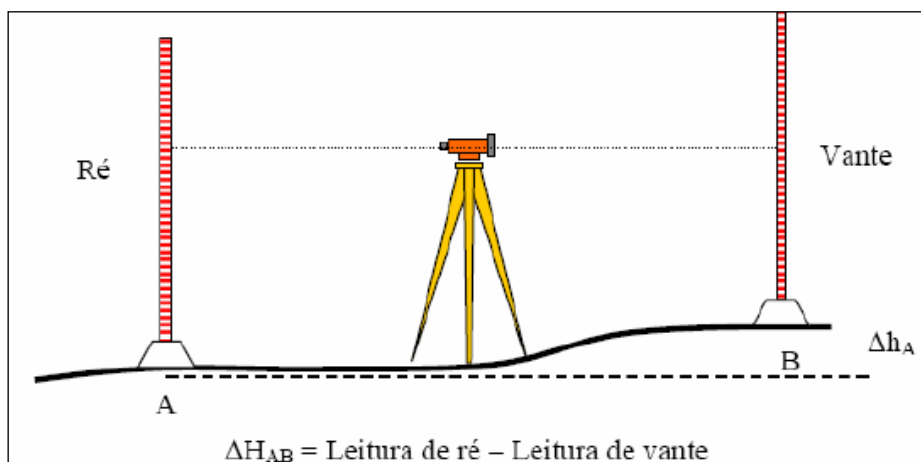


Figura 1. Nivelamento geométrico. Fonte: <http://estagionaobra.blogspot.com>

AQUISIÇÃO DOS DADOS

Dados GNSS

A escolha das estações de referência é um item de fundamental importância no planejamento dos levantamentos com GPS que utilizem as técnicas de posicionamento relativo, pois os erros que afetam estas estações serão propagados para as estações a serem determinadas, no caso para as minas e poços.

Além de um bom planejamento, alguns procedimentos adotados em campo são de grande importância para que se possa obter resultados coerentes com os padrões de acurácia e precisão desejados, como:

- Estacionamento da antena: consiste na identificação do marco, bem como na centragem da antena e medição da sua altura. O nivelamento e a centragem da antena devem ser verificados antes e depois de cada sessão de observação. Cada modelo de antena possui instruções que devem ser obtidas em seu manual, tais como: forma de medição de altura, necessidade de orientá-las para o norte, etc. Para minimizar o erro de centragem recomenda-se a utilização de marcos que possuam dispositivo de centragem forçada.
- Duração da sessão de observação: A duração da sessão de observação depende de vários fatores, tais como: precisão requerida, geometria dos satélites, atividade ionosférica, tipo de receptores, comprimento das linhas de base, probabilidade de ocorrência de multicaminho nos locais das estações, método e software de processamento dos dados, etc.

Considerando todos esses fatores, as referências de nível foram rastreadas com uma duração da sessão de no mínimo uma hora.

Para início das atividades, foi implementado um marco geodésico em concreto localizado no 59º Batalhão de Infantaria Motorizado. Este marco materializado servirá de referência planialtimétrica para os demais levantamentos topográficos na região (figura 2).



Figura 2. Localização do marco geodésico da CPRM

Tomando-se por base este marco, foram ocupados pontos estrategicamente escolhidos próximos à localização dos poços de água e minas de extração de sal-gema da Braskem, nos quais foram materializados por meio de chapas identificadoras com o logotipo da CPRM e chamadas de RRNN. Posteriormente essas chapas foram

ocupadas com rastreadores GPS para determinação de coordenadas geodésicas desses pontos (figura 3).



Figura 3. Instalação de chapas identificadoras e ocupação com GPS nas minas da Braskem

Além das minas de sal-gema e dos poços de água da Braskem, foram também levantados os poços de água da Companhia de Saneamento de Alagoas - CASAL (figura 4).



Figura 4. Ocupação com GPS nas chapas identificadoras nos poços da CASAL

Vale ressaltar que as coordenadas obtidas com GPS, possuem a altitude referida à superfície do elipsoide, que podemos chamar de altitude geométrica (h). Entretanto existe a necessidade da determinação da altitude ortométrica (H), que, em uma primeira aproximação, é a superfície eqüipotencial que coincide com o nível médio dos mares não perturbados, referida ao geóide. As altitudes geométrica (h) e ortométrica (H) estão relacionadas através da ondulação geoidal ou altura geoidal (N) conforme é mostrado na figura 5.

Portanto, para converter a altitude elipsoidal ou geométrica em altitude ortométrica, utiliza-se a equação (1):

$$H \cong h - N \quad (1)$$

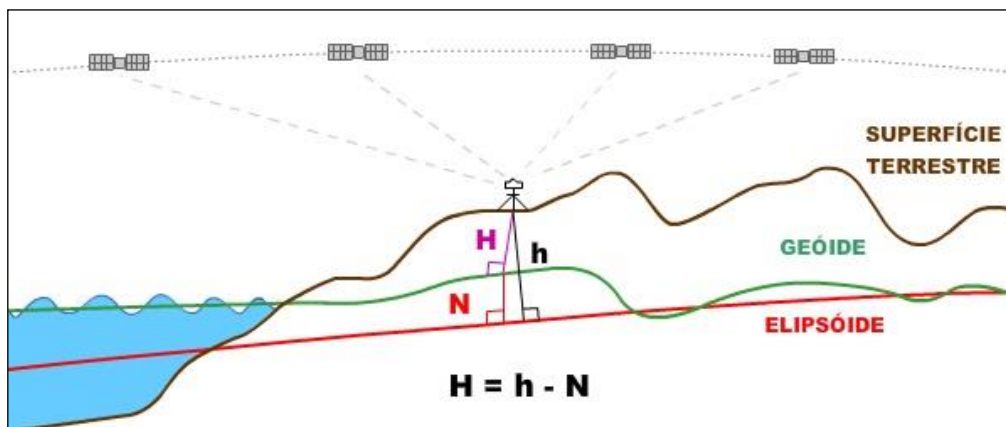


Figura 5. Altitudes ortométrica (H), geométrica (h) e a ondulação geoidal (N)

Fonte: www.ibge.gov.br

Nivelamento Geométrico

Após a aquisição dos dados utilizando a tecnologia GNSS, foi feito então o nivelamento das referências de nível – RRNN (figura 6) para a “boca” da mina ou do poço, ou seja, transporte da coordenada altimétrica (h) determinada pelo receptor GNSS.



Figura 6. Ocupação com a mira para a realização do nivelamento

Como padrão para o nivelamento da “boca” das minas de sal-gema, foram utilizados os pinos existentes nas mesmas em forma de um triângulo (figura 7).



Figura 7. Ponto de referência para obtenção das coordenadas altimétricas

Foram realizados nivelamento e contranivelamento (para a verificação da precisão do nivelamento) nas minas e nos poços, através do uso de um nível topográfico digital devidamente nivelado e uma mira também nivelada, para as leituras de Ré, feitas sobre as RRNN e as de VANT, feitas sobre a boca de cada mina e poço, como podemos observar nas figuras 8 e 9.



Figura 8. Nivelamento geométrico utilizando uma RN como leitura de Ré



Figura 9. Nivelamento geométrico utilizando a boca da mina como leitura de VANT.

PROCESSAMENTO E GERAÇÃO DE PRODUTOS

Processamento das RRNN

1º Processamento - Estação de Referência instalada no 59º Batalhão de Infantaria Motorizado (figura 9): Utilizou-se o IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) que é um serviço online gratuito para o pós-processamento de dados GNSS, que permite aos usuários com receptores GPS e/ou GLONASS, obterem coordenadas referenciadas ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e ao ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) através de um processamento preciso. Obtendo assim a coordenada precisa da base de referência (figura 10).



Figura 3. Estação de referência instalada no exército

| Sumário do Processamento do marco: EBR59B | | | | | | |
|---|------------------------|-------------------|--------------|-------------|------------|-----|
| Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS | 2019/02/01 12:02:41,00 | | | | | |
| Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS | 2019/02/01 19:13:45,00 | | | | | |
| Modo de Operação do Usuário: | ESTÁTICO | | | | | |
| Observação processada: | CÓDIGO & FASE | | | | | |
| Modelo da Antena: | TRMR8S NONE | | | | | |
| Órbitas dos satélites: ¹ | FINAL | | | | | |
| Frequência processada: | L3 | | | | | |
| Intervalo do processamento(s): | 1,00 | | | | | |
| Sigma ² da pseudodistância(m): | 5,000 | | | | | |
| Sigma da portadora(m): | 0,010 | | | | | |
| Altura da Antena ³ (m): | 1,772 | | | | | |
| Ângulo de Elevação(graus): | 10,000 | | | | | |
| Resíduos da pseudodistância(m): | 1,25 GPS 2,40 GLONASS | | | | | |
| Resíduos da fase da portadora(cm): | 0,90 GPS 1,12 GLONASS | | | | | |
| Coordenadas SIRGAS | | | | | | |
| | Latitude(gms) | Longitude(gms) | Alt. Geo.(m) | UTM N(m) | UTM E(m) | MC |
| Em 2000.4 (é a que deve ser usada) ⁴ | -9° 38' 00,7910" | -35° 44' 04,4139" | 44,26 | 8933903.479 | 199866.579 | -33 |
| Na data do levantamento ⁵ | -9° 38' 00,7839" | -35° 44' 04,4159" | 44,26 | 8933903.697 | 199866.516 | -33 |
| Sigma(95%) ⁶ (m) | 0,001 | 0,001 | 0,002 | | | |
| Modelo Geoidal | MAPGEO2015 | | | | | |
| Ondulação Geoidal (m) | -8,96 | | | | | |
| Altitude Ortométrica (m) | 53,22 | | | | | |

Figura 4. Relatório gerado pelo IBGE - PPP

2º Processamento – Referências de Nível: Para este procedimento, foi utilizado um software específico para processamento de dados GPS. A partir da obtenção das coordenadas precisas da base, foi possível assim, como mostra as Tabelas 1 e 2, obter as coordenadas planialtimétricas para os referenciais instalados na região do Bairro Pinheiro e entorno (figura 11).



Figura 5. Obtenção das coordenadas planialtimétricas das RRNN instaladas

Tabela 1. Coordenadas das RRNN instaladas para as minas e poços da Braskem

| RN | N (m) | E (m) | Fuso | Longitude (W) | Latitude (S) | MC (°) | Altitude Ortométrica (m) |
|----------|---------------|-------------|------|-----------------|----------------|--------|--------------------------|
| RN_M01 | 8.933.603,385 | 198.364,816 | 25 S | 35°44'53,71197" | 9°38'10,15974" | -33 | 2,888 |
| RN_M02 | 8.934.197,217 | 198.523,421 | 25 S | 35°44'48,35754" | 9°37'50,88766" | -33 | 28,433 |
| RN_M06 | 8.934.151,503 | 198.631,511 | 25 S | 35°44'44,82705" | 9°37'52,40265" | -33 | 52,514 |
| RN_M09 | 8.934.132,081 | 198.056,058 | 25 S | 35°45'03,69192" | 9°37'52,88401" | -33 | 1,861 |
| RN_M10 | 8.933.675,399 | 198.298,997 | 25 S | 35°44'55,85015" | 9°38'07,80039" | -33 | 1,993 |
| RN_M11 | 8.933.124,020 | 198.620,364 | 25 S | 35°44'45,46272" | 9°38'25,81714" | -33 | 4,805 |
| RN_M12 | 8.934.015,710 | 198.064,801 | 25 S | 35°45'03,43603" | 9°37'56,67107" | -33 | 0,413 |
| RN_M13 | 8.934.126,147 | 198.159,581 | 25 S | 35°45'00,30065" | 9°37'53,10405" | -33 | 5,391 |
| RN_M14 | 8.933.319,719 | 198.534,410 | 25 S | 35°44'48,22832" | 9°38'19,42986" | -33 | 4,644 |
| RN_M15 | 8.933.264,010 | 198.452,031 | 25 S | 35°44'50,94291" | 9°38'21,22020" | -33 | 3,073 |
| RN_M16 | 8.934.105,277 | 198.293,012 | 25 S | 35°44'55,93310" | 9°37'53,81770" | -33 | 34,624 |
| RN_M20 | 8.933.629,739 | 198.250,247 | 25 S | 35°44'57,45994" | 9°38'09,27268" | -33 | 0,796 |
| RN_M21 | 8.933.518,060 | 198.294,932 | 25 S | 35°44'56,02482" | 9°38'12,91654" | -33 | 0,803 |
| RN_M23 | 8.933.348,107 | 198.383,440 | 25 S | 35°44'53,16879" | 9°38'18,46714" | -33 | 2,127 |
| RN_M24 | 8.933.027,868 | 198.520,700 | 25 S | 35°44'48,75449" | 9°38'28,91829" | -33 | 0,828 |
| RN_M27 | 8.933.799,886 | 198.161,296 | 25 S | 35°45'00,33038" | 9°38'03,71565" | -33 | 0,802 |
| RN_M28 | 8.934.053,176 | 198.343,602 | 25 S | 35°44'54,28880" | 9°37'55,52542" | -33 | 32,560 |
| RN_M31 | 8.933.840,173 | 198.261,805 | 25 S | 35°44'57,02568" | 9°38'02,43163" | -33 | 3,413 |
| RN_M32 | 8.934.271,407 | 198.047,530 | 25 S | 35°45'03,93469" | 9°37'48,35041" | -33 | 2,510 |
| RN_PW 07 | 8.933.730,480 | 198.365,142 | 25 S | 35°44'53,66780" | 9°38'06,02625" | -33 | 5,541 |
| RN_PW 09 | 8.933.284,779 | 198.571,215 | 25 S | 35°44'47,03126" | 9°38'20,57584" | -33 | 6,813 |
| RN_PW 19 | 8.934.278,200 | 198.117,477 | 25 S | 35°45'01,64051" | 9°37'48,14776" | -33 | 4,496 |

Tabela 2. Coordenadas das RRNN instaladas para os poços da CASAL

| RN | N (m) | E (m) | Fuso | Longitude (W) | Latitude (S) | MC (°) | Altitude Ortométrica (m) |
|--------|---------------|-------------|------|-----------------|----------------|--------|--------------------------|
| CA 001 | 8.933.923,682 | 199.531,570 | 25 S | 35°44'15,38830" | 9°38'00,04680" | -33 | 52,760 |
| CA 002 | 8.934.979,986 | 198.483,062 | 25 S | 35°44'49,47440" | 9°37'25,41872" | -33 | 2,918 |
| CA 003 | 8.934.569,205 | 198.111,817 | 25 S | 35°45'01,74935" | 9°37'38,68181" | -33 | 5,403 |
| CA 004 | 8.934.776,720 | 198.683,747 | 25 S | 35°44'42,95072" | 9°37'32,08200" | -33 | 49,907 |
| CA 005 | 8.934.884,452 | 198.550,174 | 25 S | 35°44'47,30003" | 9°37'28,54334" | -33 | 37,672 |
| CA 006 | 8.933.743,658 | 200.456,598 | 25 S | 35°43'45,11816" | 9°38'06,14227" | -33 | 25,290 |
| CA 007 | 8.932.097,888 | 199.847,335 | 25 S | 35°44'05,51807" | 9°38'59,51075" | -33 | 33,872 |
| CA 008 | 8.932.406,816 | 199.632,093 | 25 S | 35°44'12,49171" | 9°38'49,40717" | -33 | 45,538 |
| CA 009 | 8.931.703,265 | 199.416,600 | 25 S | 35°44'19,73952" | 9°39'12,23311" | -33 | 5,221 |
| CA 010 | 8.931.750,677 | 199.609,365 | 25 S | 35°44'13,40896" | 9°39'10,74135" | -33 | 12,370 |
| CA 011 | 8.935.494,610 | 198.588,586 | 25 S | 35°44'45,88082" | 9°37'08,70883" | -33 | 51,312 |

Processamento para geração do produto final

A partir dos dados do nivelamento geométrico (desníveis das RRNN até a boca dos poços/minas) foi possível assim gerar como produto final, uma tabela contendo as coordenadas planimétricas dos poços e minas (extraídas pela ortofotomosaico gerado pelo levantamento com o VANT) e as coordenadas altimétricas (extraídas pelo nivelamento).

Tabela 3. Coordenadas planialtimétricas das minas de sal-gema da Braskem

| Minas de sal-gema | N (m) | E (m) | Altitude Ortométrica (m) | Fuso | Situação |
|-------------------|---------------|-------------|--------------------------|------|----------|
| M 01 | 8.933.576,926 | 198.361,798 | 2,415 | 25 S | Inativa |
| M 02 | 8.934.224,333 | 198.550,701 | 28,113 | 25 S | Inativa |
| M 02 (ANEL SUP) | 8.934.224,333 | 198.550,701 | 28,218 | 25 S | Inativa |
| M 04 | 8.933.846,654 | 198.258,923 | 3,524 | 25 S | Inativa |
| M 06 | 8.934.149,412 | 198.640,754 | 52,834 | 25 S | Inativa |
| M 07 | 8.933.804,067 | 198.145,269 | 0,734 | 25 S | Inativa |
| M 09 | 8.934.109,041 | 198.042,567 | 1,640 | 25 S | Inativa |
| M 10 | 8.933.700,878 | 198.297,385 | 3,561 | 25 S | Inativa |
| M 11 | 8.933.140,698 | 198.634,750 | 5,398 | 25 S | Inativa |
| M 12 | 8.934.019,070 | 198.065,132 | 0,847 | 25 S | Inativa |
| M 13 | 8.934.123,593 | 198.167,260 | 5,364 | 25 S | Inativa |
| M 14 | 8.933.321,686 | 198.533,349 | 4,947 | 25 S | Inativa |
| M 15 | 8.933.269,647 | 198.448,474 | 3,123 | 25 S | Inativa |
| M 16 | 8.934.114,224 | 198.293,579 | 34,081 | 25 S | Inativa |
| M 17 | 8.934.024,384 | 198.335,551 | 32,770 | 25 S | Inativa |
| M 18 | 8.933.676,857 | 198.198,519 | 0,356 | 25 S | Inativa |
| M 19 | 8.933.828,710 | 198.170,920 | 1,696 | 25 S | Inativa |
| M 20 | 8.933.626,056 | 198.212,886 | 0,521 | 25 S | Inativa |
| M 21 | 8.933.508,522 | 198.256,056 | 0,451 | 25 S | Inativa |
| M 22 | 8.933.436,911 | 198.340,032 | 2,611 | 25 S | Inativa |
| M 23 | 8.933.348,107 | 198.383,440 | 1,530 | 25 S | Inativa |
| M 24 | 8.933.025,962 | 198.519,853 | 1,416 | 25 S | Inativa |
| M 25 | 8.933.033,519 | 198.513,270 | 1,205 | 25 S | Inativa |
| M 26 | 8.933.486,635 | 198.258,523 | 1,063 | 25 S | Inativa |
| M 27 | 8.933.818,275 | 198.160,469 | 1,951 | 25 S | Inativa |
| M 28 | 8.934.032,010 | 198.341,200 | 32,410 | 25 S | Inativa |
| M 29 | 8.933.621,056 | 198.196,138 | 0,341 | 25 S | Inativa |
| M 30 | 8.933.632,453 | 198.369,304 | 3,594 | 25 S | Inativa |
| M 31 | 8.933.852,276 | 198.259,485 | 3,657 | 25 S | Inativa |
| M 32 | 8.934.266,154 | 198.049,847 | 2,647 | 25 S | Ativa |
| M 33 | 8.934.257,672 | 198.055,652 | 2,709 | 25 S | Inativa |
| M 34 | 8.933.060,723 | 198.548,436 | 1,410 | 25 S | Ativa |
| M 35 | 8.933.501,084 | 198.259,648 | 0,693 | 25 S | Ativa |

Tabela 4. Coordenadas planialtimétricas dos poços de água da Braskem

| Poços de Água | N (m) | E (m) | Altitude Ortométrica (m) | Fuso |
|---------------|---------------|-------------|--------------------------|------|
| PW 07 | 8.933.737,097 | 198.370,730 | 6,415 | 25 S |
| PW 08 | 8.933.733,327 | 198.372,219 | 6,435 | 25 S |
| PW 09 | 8.933.268,340 | 198.540,381 | 4,982 | 25 S |
| PW 12 | 8.933.144,508 | 198.645,148 | 6,416 | 25 S |
| PW 15 | 8.933.303,196 | 198.586,376 | 10,023 | 25 S |
| PW 17 | 8.933.852,749 | 198.267,111 | 4,045 | 25 S |
| PW 18 | 8.933.060,005 | 198.573,375 | 2,164 | 25 S |
| PW 19 | 8.934.280,065 | 198.125,751 | 5,460 | 25 S |
| PW 21 | 8.933.641,854 | 198.357,785 | 3,902 | 25 S |
| PW 24 | 8.933.090,727 | 198.584,095 | 3,017 | 25 S |
| PW 25 | 8.934.252,359 | 198.080,850 | 3,657 | 25 S |
| PW 26 | 8.933.604,812 | 198.363,923 | 3,210 | 25 S |

Tabela 5. Coordenadas altimétricas dos poços de água da CASAL

| Poços de Água | Altitude Ortométrica (m) |
|---------------|--------------------------|
| P-PH 01 | 51,731 |
| PBL02 | 5,152 |
| PBL05A | 7,715 |
| PBL03C | 12,907 |
| PBL01A | 12,396 |
| PFA005 | 53,129 |
| PFA01 | 51,567 |
| PB08 | 0,214 |
| PB08 | 0,214 |
| PB09 | 1,373 |
| PB08 | 0,214 |
| PB06 | 0,727 |
| PB10 | 5,976 |
| PB11 | 5,102 |
| PFA003 | 50,558 |
| PFA002 | 37,392 |
| PR2B | 25,889 |
| PR2B | 25,889 |
| PR12 | 25,995 |
| PFE04 | 25,871 |
| PR02C | 25,986 |
| PBL04 | 34,316 |
| PBL06 | 46,369 |
| PBL06 | 46,369 |
| PBL08 | 46,463 |
| PBL07 | 47,477 |

As Figuras 12 e 13 mostram os mapas de localização das RRNN instaladas, minas de sal-gema e poços de água da Braskem na região do Bairro Pinheiro e entorno.

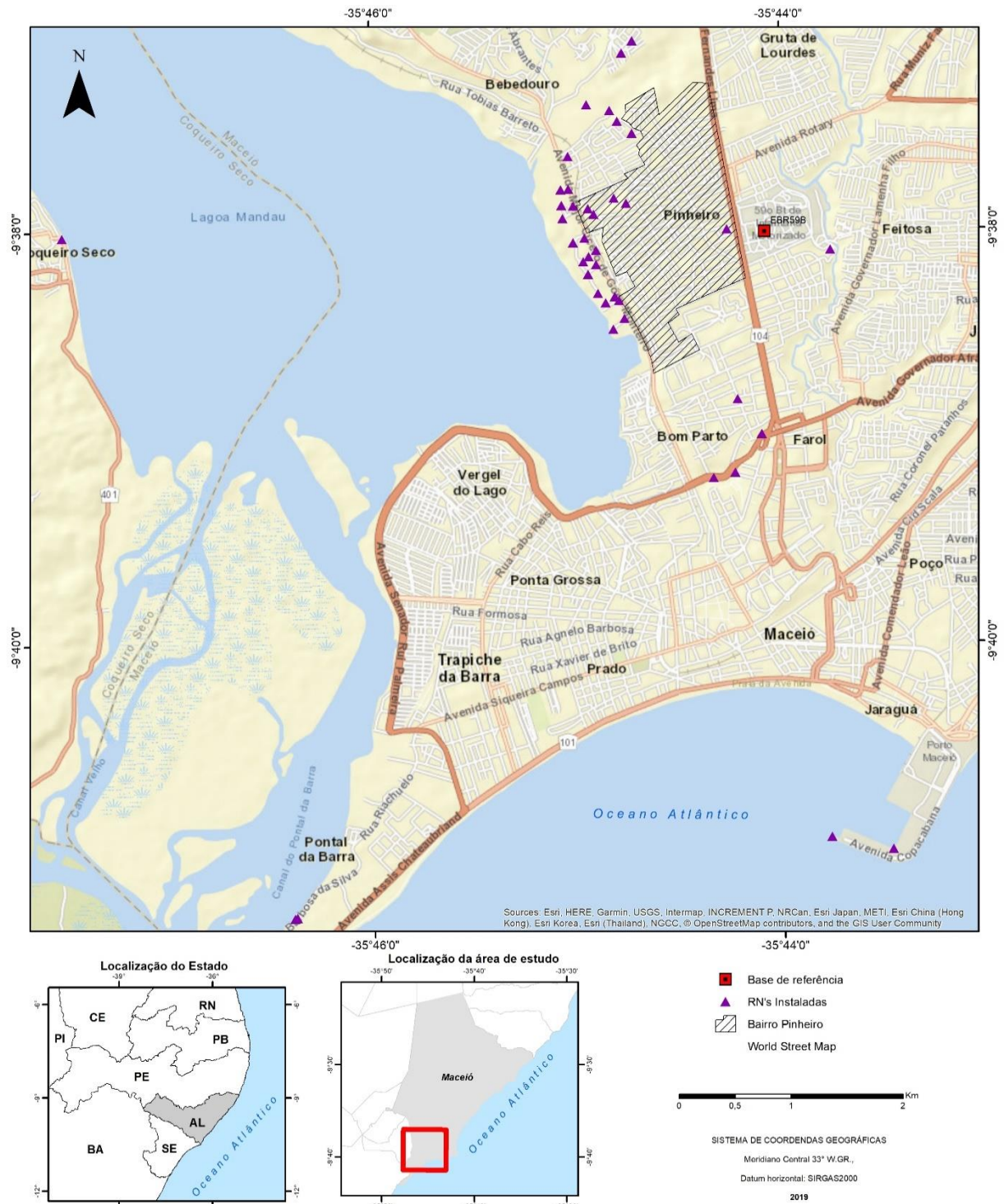


Figura 6. Mapa de localização das RRNN

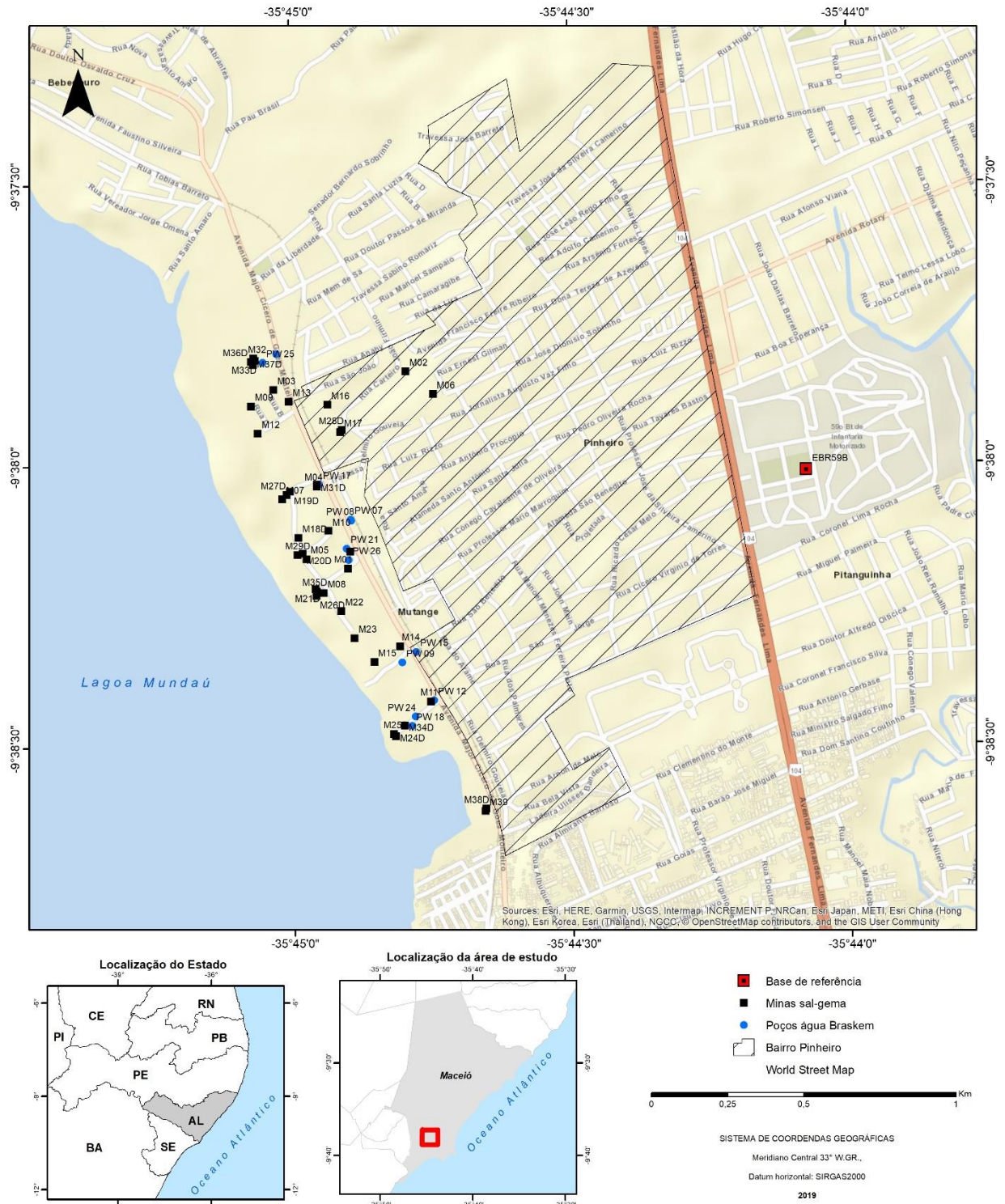


Figura 7. Mapa de localização das minas de sal-gema e poços da Braskem

DEMANDAS COMPLEMENTARES

Cadastramento dos Poços Antigos na Região

Foram identificados dois poços antigos de sondagem da Petrobrás, o PP-01 (degradado pelo tempo) e o PP-02, que serviram como dados complementares (figura 14).



Figura 8. Identificação dos poços antigos de sondagem da Petrobrás

Mais uma vez foi utilizado um software específico para processamento de dados GPS. A partir da obtenção das coordenadas precisas da base, foi possível, como mostra a Tabela 6, obter as coordenadas planialtimétricas para os referenciais instalados próximos aos poços.

Tabela 6. Coordenadas das RRNN instaladas para levantamento dos poços antigos de sondagem

| RN | N (m) | E (m) | Fuso | Longitude (W) | Latitude (S) | MC (°) | Altitude Ortométrica (m) |
|-------|---------------|-------------|------|-----------------|----------------|--------|--------------------------|
| PP 01 | 8.935.603,014 | 198.684,373 | 25 S | 35°44'42,71317" | 9°37'05,20811" | -33 | 48,980 |
| PP 02 | 8.935.030,874 | 198.277,995 | 25 S | 35°44'56,18169" | 9°37'23,71015" | -33 | 2,002 |

E através do nivelamento geométrico foi possível obter as altitudes ortométricas de cada poço antigo (Tabela 7).

Tabela 7. Coordenadas altimétricas dos poços antigos de sondagem

| Poços Antigos | Altitude Ortométrica (m) |
|---------------|--------------------------|
| PP 02 | 2,002 |
| PP 01 | 49,310 |

Integração da Batimetria e da Topografia

Com objetivo de integração dos dados da batimetria e da topografia, foram feitas ocupações com GPS para obtenção de coordenadas precisas dos marcos geodésicos (Tabela 8), utilizadas para o levantamento batimétrico (figuras 15 e 16).



Figura 9. Ocupação com GPS nas referências batimétricas na Lagoa Mundaú

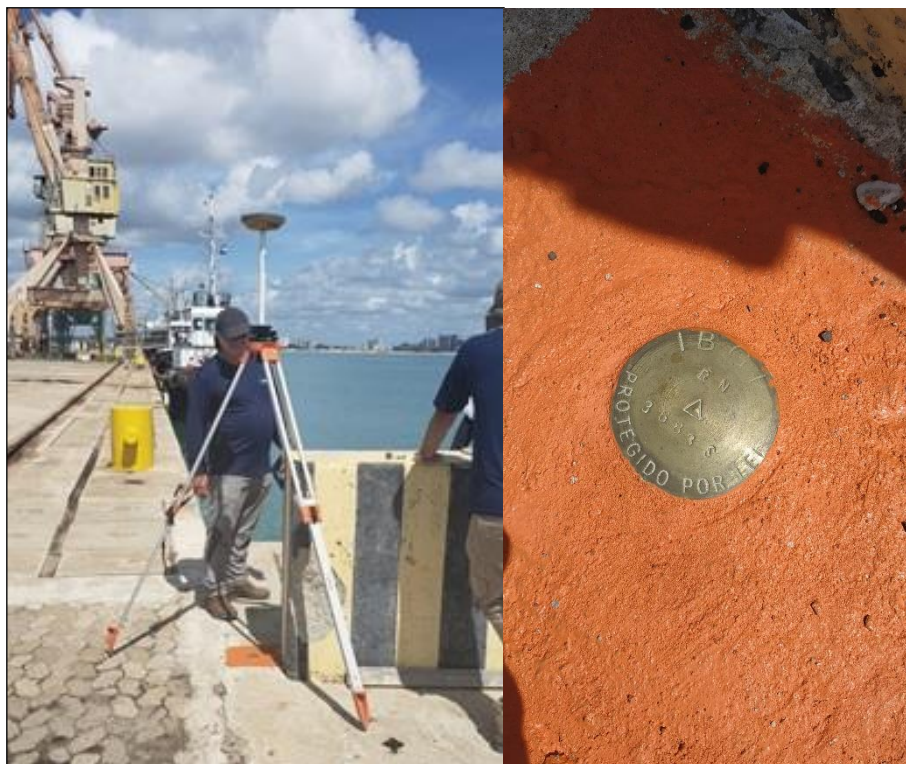


Figura 10. Ocupação de uma RN do IBGE com GPS no Porto de Maceió

Tabela 8. Coordenadas altimétricas das RRNN para apoio à batimetria

| RRNN Batimetria | Altitude Ortométrica (m) |
|-----------------|--------------------------|
| CPRM 01 | 1,231 |
| CPRM 02 | 1,087 |
| CPRM 06 | 2,414 |
| CPRM 4 – IMA | 0,985 |
| CPRM05 | 2,314 |
| DHN 11 – Farol | 4,650 |
| RN - CPRM 07 | 2,103 |
| RN IBGE 3683S | 2,810 |

Aerolevanteamento

Conforme descrito no Art. 3º, do Decreto-Lei nº 1.177, de 21 de junho de 1971, aerolevanteamento é:

“o conjunto das operações aéreas e/ou espaciais de medição, computação e registro de dados do terreno com o emprego de sensores e/ou equipamentos adequados, bem como a interpretação dos dados levantados ou sua tradução sob qualquer forma”.

O aerolevanteamento por VANT (figura 17) difere do aerolevanteamento tradicional em alguns aspectos, no que diz respeito não somente ao momento de aquisição, mas também o seu planejamento, apoio, processamento e produtos gerados. De uma forma

geral, é muito vantajoso o uso de VANT por conta do baixo custo operacional frente aos resultados alcançados. Porém este método demanda de técnicas e de uma capacidade tecnológica diferenciada, e em alguns aspectos, superiores à fotogrametria tradicional. Devido à qualidade e quantidade dos produtos gerados, o tempo de processamento é longo e requer um grande esforço computacional (processador, placa de vídeo e memória), o que torna o tamanho e detalhamento da área coberta pelo voo um grande limitador. Todos os passos percorridos no levantamento fotogramétrico por VANT devem ser planejados e executados em função do produto final e sua acurácia.



Figura 11. VANT

As tomadas das fotos têm por objetivo cobrir, em diversos ângulos e distâncias, todos os objetos a serem analisados e representados. Um ponto que seja representado em várias fotos (5 ou mais) tem maior probabilidade de alcançar uma melhor acurácia.

Na etapa de pré-voo, são determinados os blocos de levantamento, direção e altura do voo, sobreposição lateral e frontal entre as fotografias, decolagem e pouso. Nesse momento também é verificado em serviços de meteorologia as condições climáticas (probabilidade de chuva, direção e intensidade do vento), também é solicitado ao órgão DECEA/FAB (Departamento de Controle do Espaço Aéreo), via SARPAS a autorização da execução dos voos nos dias e horários determinados. No caso dos voos executados nesse trabalho, por se tratar de área de grande movimentação aérea, também foi coordenada com a Aviação dos Bombeiros a sinalização dos momentos em que estaríamos ocupando esse teto do espaço aéreo (faixa dos 400 pés).

A área coberta por esse trabalho abrangeu os bairros Pinheiro, Mutange, Bebedouro, Chã da Jaqueira, Pitanguinha e Gruta de Lourdes, totalizando aproximadamente 750ha (figura 18). Para isso, foi voada uma distância de 211km sobre essa área.

Para melhoria dos modelos a serem gerados, a área do bairro Pinheiro, foi voado em duplicidade com sentido cruzado para aumentar a cobertura fotográfica, garantindo que mesmo nas áreas com prédios ou de ruas estreitas, haveria informações.

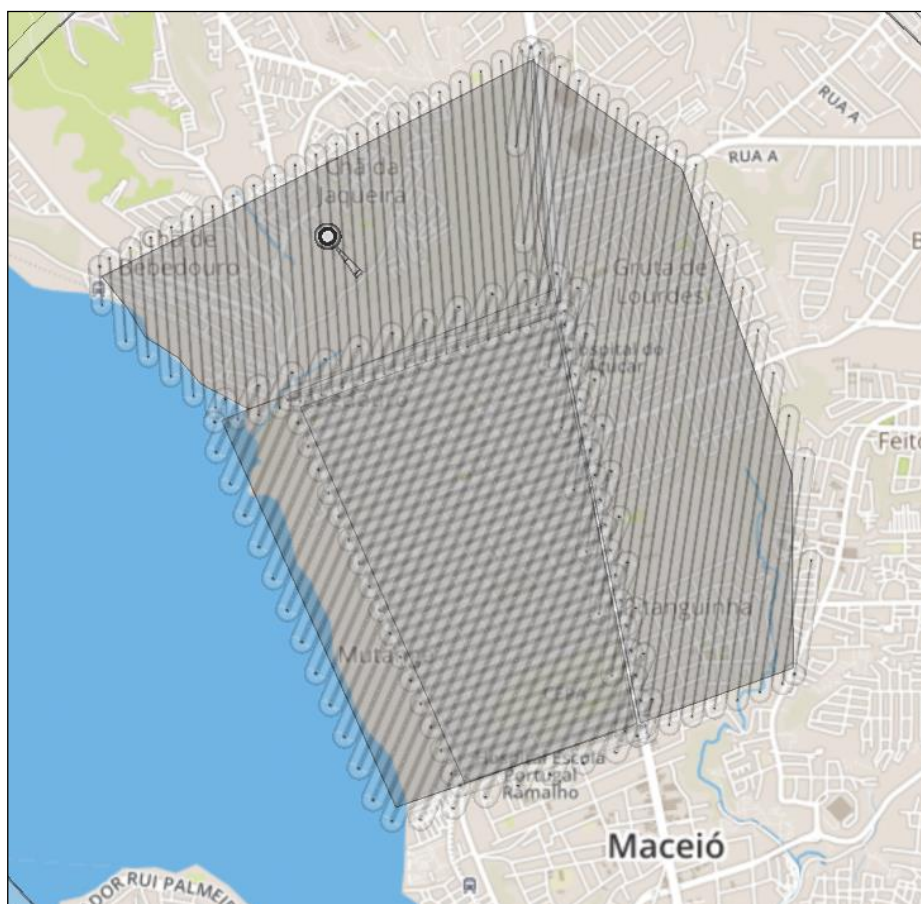


Figura 12. Planejamento dos blocos de voos

Neste levantamento, utilizamos a correção por PPK por conta da grande área coberta e melhor mobilidade durante o voo. A base de referência para pós-processamento foi a mesma utilizada nos demais levantamentos geodésicos deste trabalho, a EBR59B, localizada dentro do 59º Batalhão de Infantaria Motorizada do Exército Brasileiro.

O campo de decolagem e pouso foi o campo de esportes do 59º Batalhão de Infantaria Motorizada do Exército Brasileiro e o Regimento de Polícia Montada D. Pedro I PM-AL (figura 19).

A observação do funcionamento do equipamento deve ser constante durante o voo, monitorando seus sensores, trajetória, temperatura dos instrumentos e fatores externos como aves ou aeronaves no perímetro do trabalho.

Após o voo, deverão ser coletados os dados de fotografias e logs (registros) dos voos para pós-processamento em sistemas específicos.



Figura 13. Decolagem do VANT

Tendo já feito a passagem das fotografias e dos logs dos voos para o computador, com o software e-motion da SenseFly, foram feitos os pós processamentos PPK dos pontos de tirada das fotos, utilizando como referência a base EBR59B. Nesse momento as coordenadas corrigidas são escritas no registro do arquivo das fotos (geotag), também é gerado um arquivo com as coordenadas e precisões dos pontos.

A Tabela 9 mostra as incertezas da posição absoluta da câmera.

Tabela 9. Incertezas

| | X[m] | Y[m] | Z[m] | Omega [degree] | Phi [degree] | Kappa [degree] |
|-------|-------|-------|-------|----------------|--------------|----------------|
| Mean | 0.008 | 0.009 | 0.010 | 0.005 | 0.003 | 0.005 |
| Sigma | 0.003 | 0.020 | 0.007 | 0.006 | 0.005 | 0.005 |

Essas fotos foram então carregadas no sistema Drone2map para processamento e geração das ortofotos, MDS (Modelo Digital de Superfície), MDT (Modelo Digital de Terreno) e nuvem de pontos.

A ortofotomosaico foi obtida com resolução espacial de 4cm e precisão posicional melhor que 10cm (figura 20).



Figura 14. Ortofotomosaico

O MDS tem resolução espacial de 4,5cm e precisão posicional melhor que 10 cm na horizontal e melhor que 15 cm na vertical figura 21.

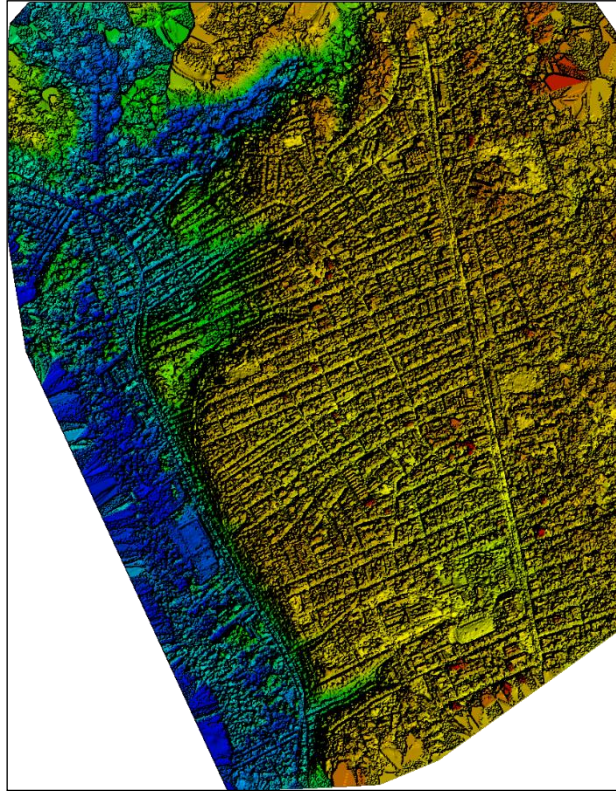


Figura 15. MDS (Modelo Digital de Superfície)

O DTM tem resolução espacial de 22,5 cm e precisão posicional melhor que 10 cm na horizontal e melhor que 15 cm na vertical.

Locação de pontos em apoio à gravimetria

A equipe de gravimetria demandou o apoio de locação de pontos espaçados de aproximadamente 20 metros em ruas específicas no bairro Pinheiro. Para tanto, foram marcados com tinta amarela para fácil identificação (figura 22).



Figura 16. Identificação e rastreio de ponto

Foram percorridas 17 linhas, totalizando 443 pontos com tempo de rastreamento GNSS entre 1 a 8 minutos, dependendo da diluição da precisão da posição (PDOP) indicado na coletora de dados. A base de referência foi a EBR59B (figura 23).

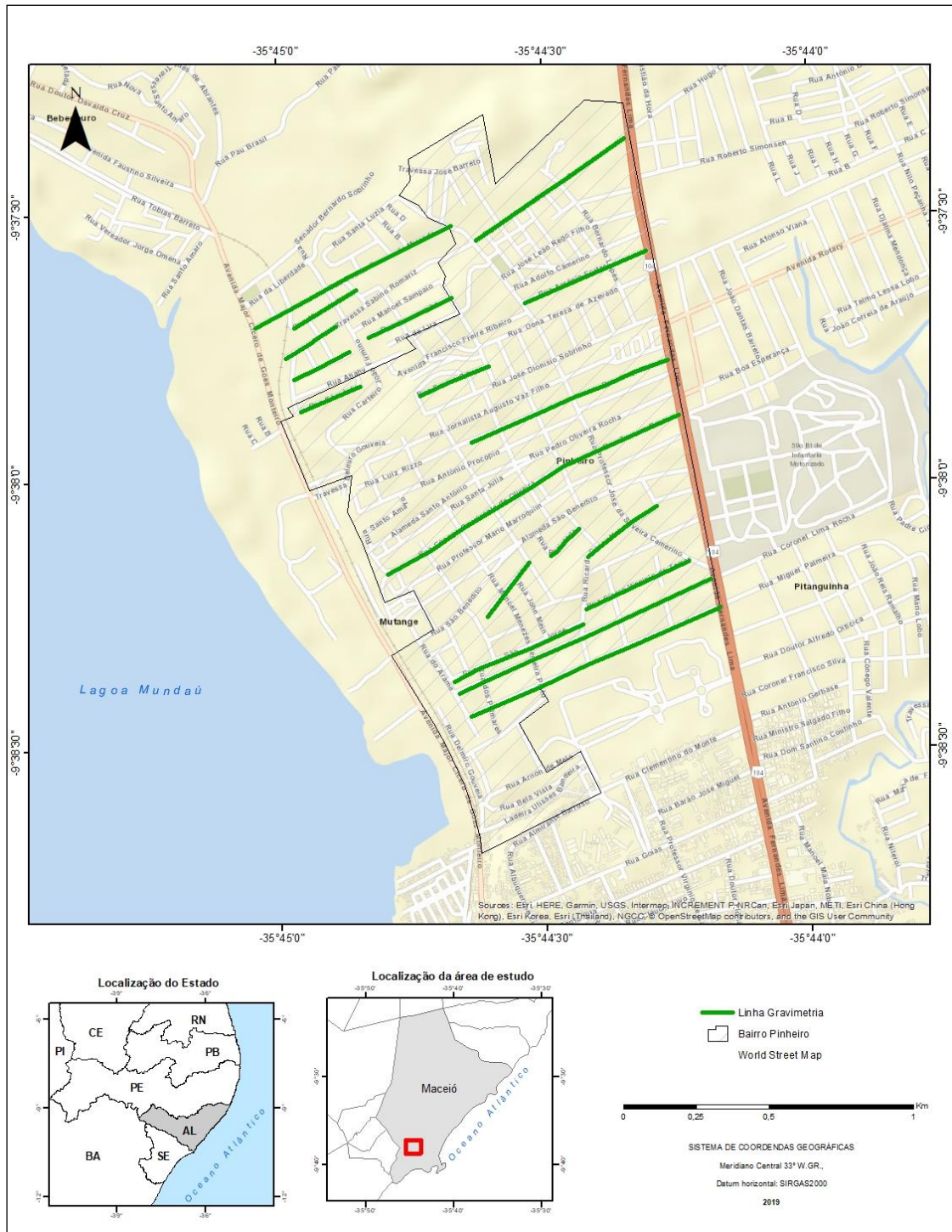


Figura 17. Linhas de levantamento gravimétrico

Os dados obtidos pelo rastreamento dos pontos locados em apoio a gravimetria foram pós-processados no sistema TBC (*Trimble Business Center*) tendo como bases o EBR59B e a estação RBMC ALMA, situada na Avenida Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

Os 443 pontos foram processados e criticados buscando uma precisão posicional melhor que 2 cm. Os pontos que não atenderam essa exigência foram reocupados com tempo de rastreamento entre 8 e 22 minutos. Ao final, todos os pontos alcançaram precisão relativa melhores que 2 cm.

Foi gerada uma tabela de pontos com as coordenadas em SIRGAS 2000 contendo, código dos pontos, coordenadas E e N, altitude ortométrica e ondulação geoidal, e um arquivo KML com as coordenadas e fotos dos pontos para facilitar a identificação dos pontos e repassada a equipe responsável pela gravimetria.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclusões

Todos os dados produzidos pela equipe da DICART foram consistentes, e estão dentro da precisão esperada e foram entregues aos demandantes para o bom uso e subsídio nas decisões sobre as causas das fissuras no bairro do pinheiro e arredores.

Esses dados gerados foram adquiridos com as mais modernas tecnologias e metodologias nas áreas de topografia, geodésia e de aerolevantamento.

O acesso autorizado nas instalações da mineração foi fundamental para localizar, conhecer em detalhes a estrutura de extração de sal-gema de cada mina, ativas e inativas e finalmente realizar o levantamento cartográfico proposto, com exceção das minas 03, 05 e 08 que não possuíam mais suas estruturas de tubulação (**Apêndice 1 – Volume II.C**).

Recomendações

Campanhas de monitoramento futuras para frequente verificação na posição de pontos notáveis são fundamentais para formar uma série histórica confiável, onde será possível confirmar os demais métodos de monitoramento de verificação, como a interferometria. Métodos complementares poderão ser elaborados como um sistema de monitoramento e alerta contínuo, onde podem ser rastreados, continuamente, pontos estratégicos distribuídos pela área de estudo. Assim será possível obter a sinalização em tempo real de movimentações, mesmo as de pequena magnitude **(Apêndice 2 – Volume II.C)**.

Outro método complementar, que poderá ser útil, é a criação de cenas 3D por Laser Scanner, com a implementação de pontos de checagem para comparação de cenários temporais (figuras 24 e 25). Por conta da abundância de dados obtidos por esse método, se garantida uma boa precisão, poderão ser observadas movimentações de quaisquer estruturas presentes nas cenas.

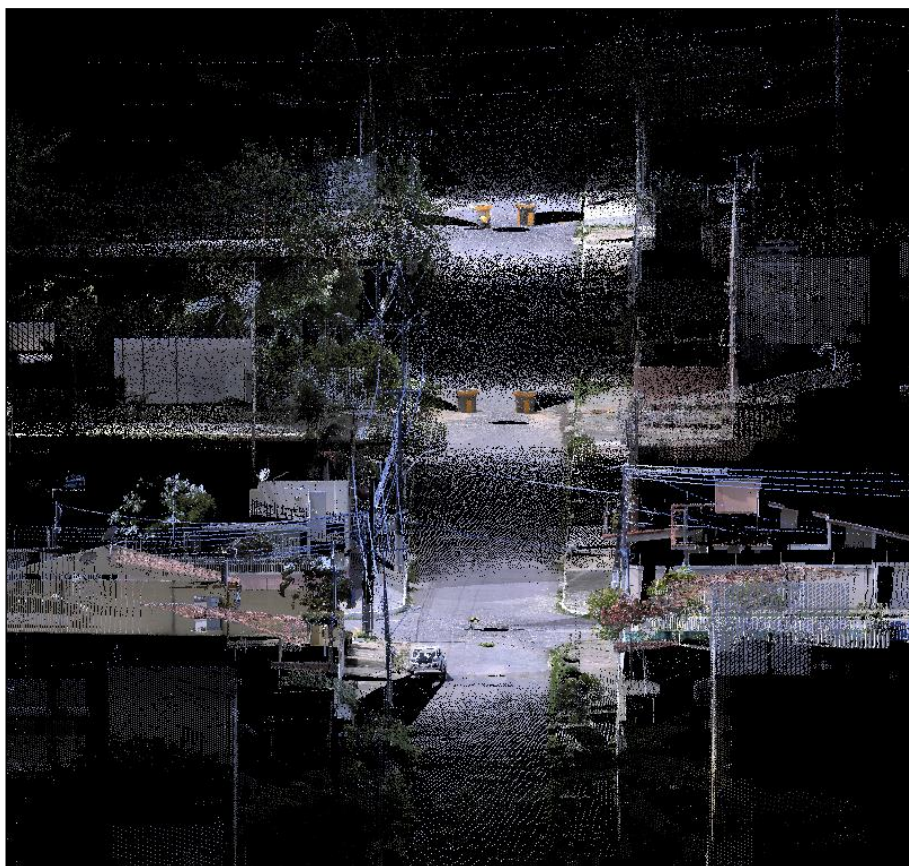


Figura 18. Levantamento com laser scanner do Trecho da Rua Prof. Mário Marroquim, Pinheiro - Maceió – AL

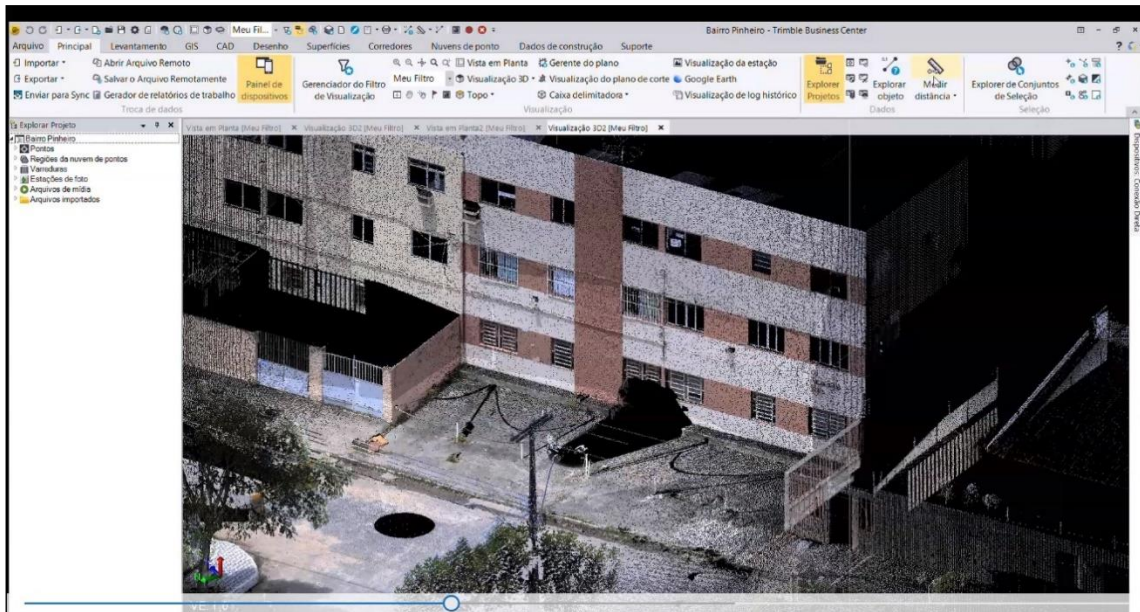


Figura 19. Nuvem de pontos da fachada de um prédio do bairro Pinheiro

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

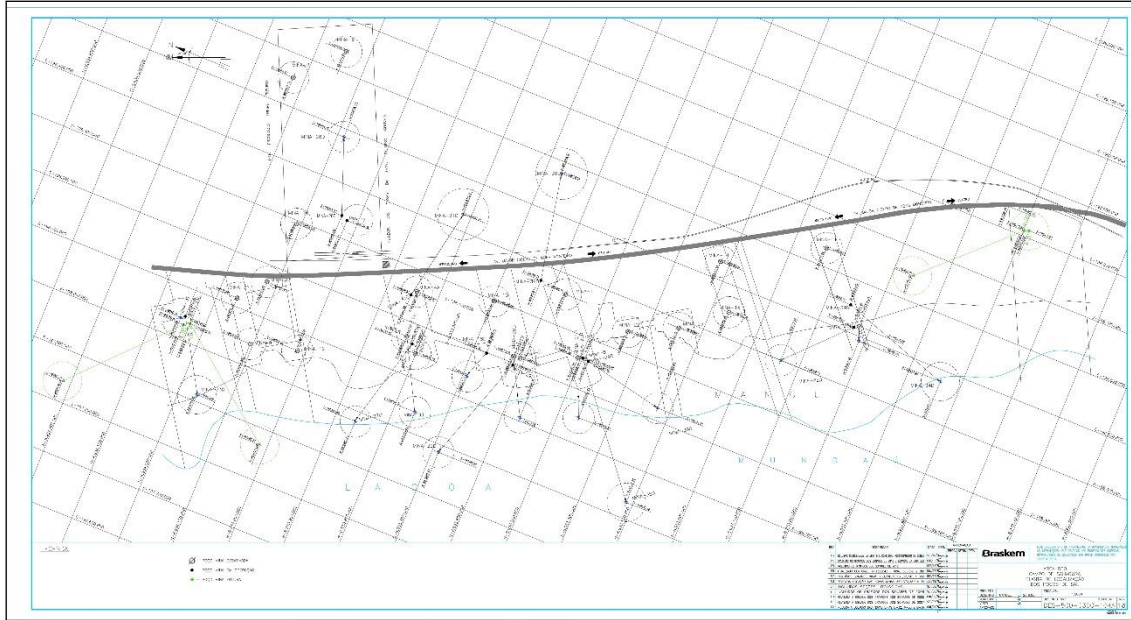
IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos - GPS**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ. 20p, 2008.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual de Noções Básicas de Cartografia**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ. 128p, 1997.

MOREIRA, D. M. **Rede de Referência Altimétrica para Avaliação da Altimetria por Satélites e Estudos Hidrológicos na Região Amazônica**. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2010.

APÊNDICE 1 – ASPECTO GERAL DAS ESTRUTURAS DE EXTRAÇÃO DE SAL-GEMA

- Esquema de localização das minas de sal-gema cedido pela Braskem



- Mina 01



- Mina 02



- Mina 03 – Não foi localizada (Tubulação Retirada)

- Mina 04



- Mina 05 – Não foi localizada (Tubulação Retirada)

- Mina 06



- Mina 07



- Mina 08 – Não foi localizada (Tubulação Retirada)

- Mina 09



- Mina 10 – Foto não encontrada

- Mina 11



- Mina 12



- Mina 13



- Mina 14



- Mina 15



- Mina 16



- Mina 17



- Mina 18



- Mina 19



- Mina 20



- Mina 21



- Mina 22



- Mina 23



- Mina 24



- Mina 25



- Mina 26



- Mina 27



- Mina 28



- Mina 29



- Mina 30



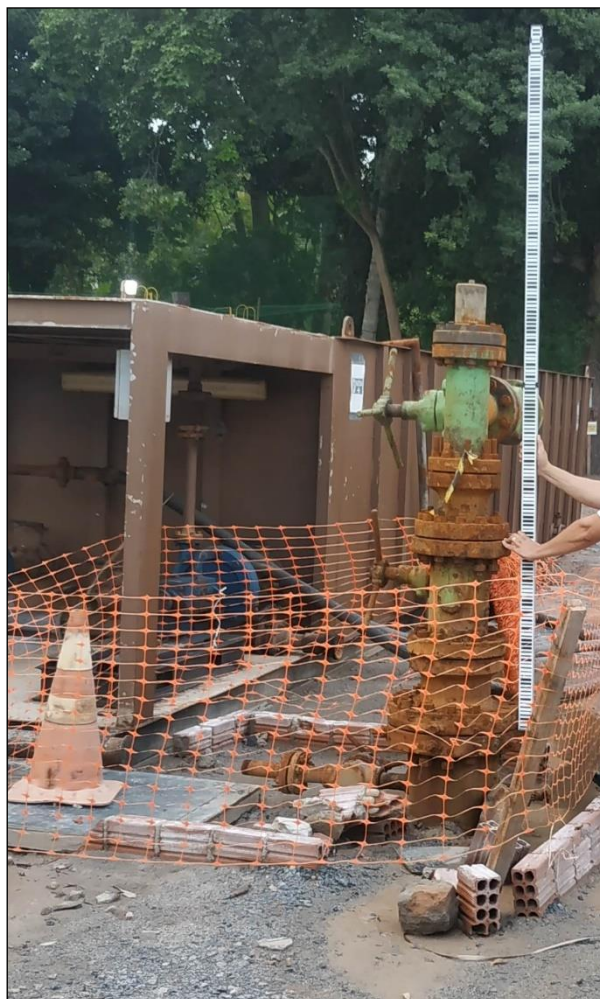
- Mina 31



- Mina 32



- Mina 33



- Mina 34



- Mina 35



APÊNDICE 2 – SISTEMA DE MONITORAMENTO PROPOSTO

Na busca de indicativos e subsídios para a descoberta da causa do evento no bairro do pinheiro, escolhemos estrategicamente baseados nos resultados da interferometria e gravimetria, pontos materializados em marcos geodésicos, nos quais foram ocupados por no mínimo duas horas ininterruptas com equipamentos GPS.

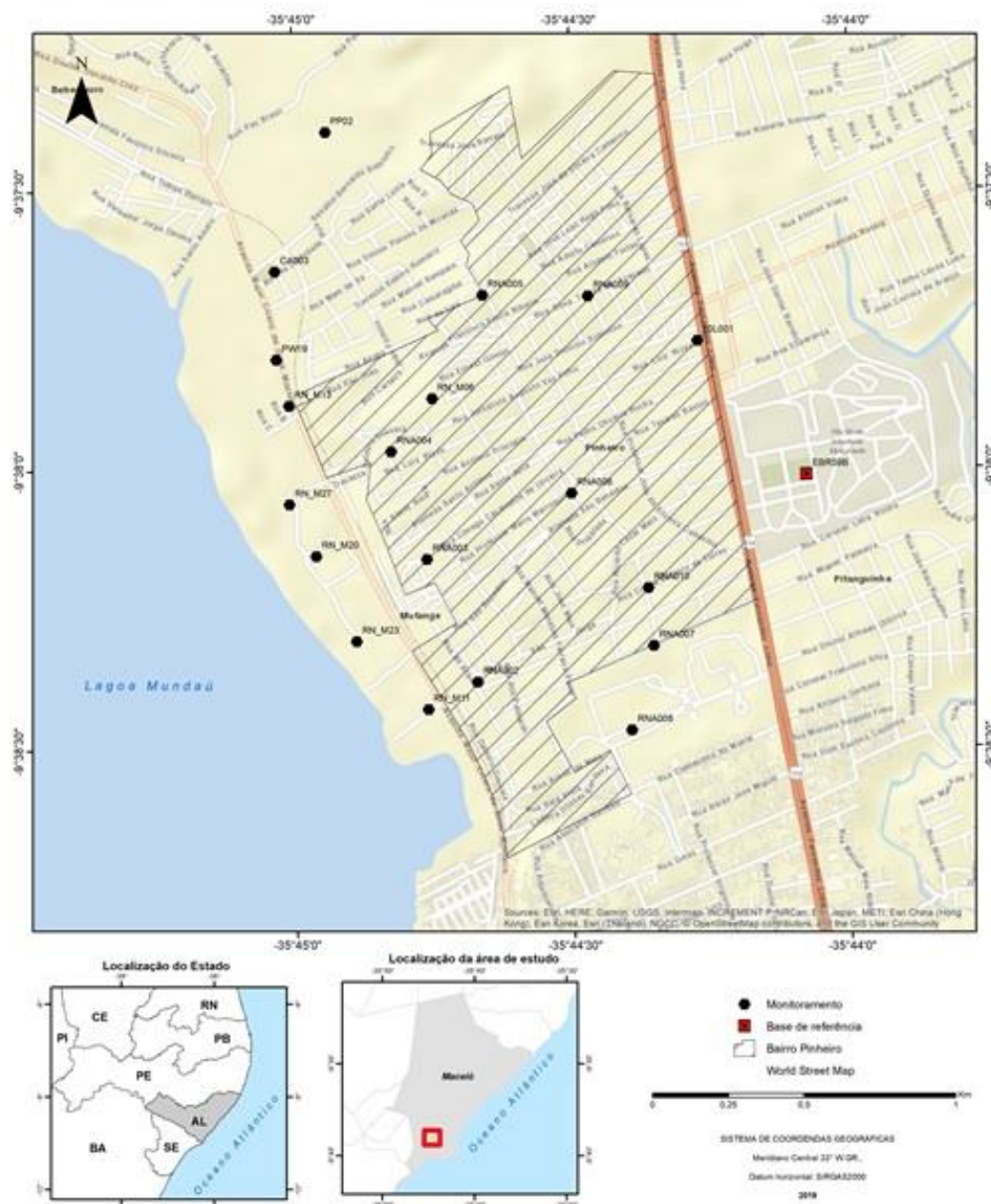


Figura 20. Pontos para monitoramento



Figura 21. Ponto sendo rastreado por GPS

Além dessa opção desenvolvida pela DICART, existe a possibilidade da contratação de sistema de monitoramento em tempo real utilizando GNSS para o Bairro Pinheiro em Maceió.

Com base no mapa disponibilizado pela DICART, contendo os pontos a serem monitorados, a proposta técnica contém 08 receptores GNSS Rover para monitorar a posição 3D da malha de pontos representada pelos pontos em preto na figura 25. Também é recomendada a utilização de 02 bases GNSS, que devem ser instaladas fora da área onde estão ocorrendo as deformações no terreno. Estas bases serão utilizadas para determinar a posição precisa de cada receptor Rover.

O sistema permite que eventos esporádicos, como por exemplo, um abalo sísmico ocorrido em um determinado horário seja relatado e descrito em um campo próprio do sistema. Essa informação pode ser registrada manualmente. Assim, ao gerar um relatório, além das variações de posição dos receptores, a descrição do evento será apresentada. Essa ferramenta ajuda na organização e armazenamento de informações importantes que podem influenciar nos resultados gerados pelo sistema.