



**GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ**

*Secretaria dos Recursos Hídricos*

Frecheirinha



**Contrato N° 03/SRH/CE/2017**

**Elaboração dos Estudos de Viabilidade, Estudos Ambientais (EIA-RIMA), Levantamento Cadastral, Plano de Reassentamento e Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha no Município de Frecheirinha, no Estado do Ceará**

**Etapa A2 - Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem**

**Volume I - Estudos Básicos**

**Tomo 2 - Cartografia (Textos)**





**GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ**  
*Secretaria dos Recursos Hídricos*

**SERVIÇOS DE CONSULTORIA PARA A ELABORAÇÃO DOS  
ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-  
RIMA), LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE  
REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM  
FRECHEIRINHA NO MUNICÍPIO DE FRECHEIRINHA, NO  
ESTADO DO CEARÁ**

**ETAPA A2 - ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA BARRAGEM**

**Volume I - Estudos Básicos**

**Tomo 2 - Cartografia -Textos**

## APRESENTAÇÃO

---

## APRESENTAÇÃO

A empresa **Engesoft Engenharia e Consultoria Ltda.** e a **Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE)** celebraram o contrato nº 03/SRH 2017, que tem como objetivo a “Contratação de Serviços de Consultoria para a Elaboração dos Estudos de Viabilidade, Estudos Ambientais (EIA-RIMA), Levantamento Cadastral, Plano de Reassentamento e Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha no Município de Frecheirinha, no Estado do Ceará, cujo objetivo principal é a criação de um reservatório no rio Caiçara com o intuito de promover o controle dos recursos hídricos da bacia do rio Coreaú, atendendo as demandas de água da região, proporcionando um aproveitamento racional da água acumulada tendo como finalidade principal o abastecimento humano e o dessedentação animal.

As fases para o desenvolvimento do projeto executivo da barragem Frecheirinha são as seguintes:

- **FASE A – ESTUDO DE VIABILIDADE**

- ✓ ETAPA A1 - Estudos de Alternativas de Localização da Barragem – Relatório de Identificação de Obra – RIO - e Viabilidade Ambiental (EVA)
  - Volume I – Relatório de Identificação de Obras – RIO e Estudos de Viabilidade Ambiental - EVA
    - ✓ Tomo 1 – Estudo de Alternativas de Localização da Barragem
    - ✓ Tomo 1A – Desenhos
    - ✓ Tomo 2 – Estudos de Viabilidade Ambiental
- ✓ ETAPA A2 - Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem

- **Volume I - Estudos Básicos**
  - ✓ Tomo 1 – Relatório Geral - Textos
  - ✓ **Tomo 2 – Cartografia (Textos)**
  - ✓ Tomo 2A - Cartografia (Desenhos)
  - ✓ Tomo 2B - Cartografia (Memória de Cálculo)
  - ✓ Tomo 2C – Estudos Topográficos
  - ✓ Tomo 3 – Hidrologia (Textos)
  - ✓ Tomo 3A – Hidrologia (Anexos)
  - ✓ Tomo 4 – Geologia e Geotecnia (Textos)
  - ✓ Tomo 4 A – Geologia e Geotecnia (Anexos)
- Volume II - Anteprojeto da Barragem
  - ✓ ETAPA A3 - Relatório Final de Viabilidade Técnico, econômico e Financeiro - RFV
    - Volume I - Relatório Final de Viabilidade Técnico, Econômico e Financeiro da Barragem
- **FASE B – ESTUDOS AMBIENTAIS, LEVANTAMENTOS CADASTRAIS E PLANO DE REASSENTAMENTO**
  - ✓ ETAPA B1 – Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA-RIMA)
    - Volume I - Relatório EIA/RIMA

- ✓ Tomo 1 – Estudos dos Impactos Ambientais (EIA)
- ✓ Tomo 2 – Relatório dos Impactos no Meio Ambiente
- ✓ Tomo 3 – Relatório de Desmatamento Racional da Bacia Hidráulica
- ✓ ETAPA B2 - Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento
  - Volume I - Levantamento Cadastral
    - Tomo 1 – Relatório Geral
    - Tomo 2– Laudos Individuais de Avaliação
    - Tomo 3 – Levantamento Topográfico
  - Volume II – Relatório de Reassentamento
    - ✓ Tomo 1- Diagnóstico
    - ✓ Tomo 2 – Detalhamento do Projeto de Reassentamento
    - ✓ Tomo 3 – Relatório Final de Reassentamento
- **FASE C - PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM**
  - ✓ ETAPA C1 - Projeto Executivo da Barragem
    - Volume I - Detalhamento do Projeto Executivo da Barragem
  - ✓ ETAPA C2 - Instruir a elaboração do Certificado de Avaliação da sustentabilidade de Obra Hídrica – CERTOH

- Volume I - Instruir a elaboração do Certificado de Avaliação da sustentabilidade de Obra Hídrica – CERTOH

O presente relatório, denominado **Tomo 2 – Cartografia - Textos**, é parte integrante da **Etapa A2 – Volume 1- Estudos Básicos** e diz respeito à **Barragem Frecheirinha**, a qual tem por finalidade a criação de um reservatório no rio Caiçara, afluente do rio Coreaú.

---

## ÍNDICE



## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1. OBJETIVOS DESTES RELATÓRIO .....	12
1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	12
<b>2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....</b>	<b>14</b>
<b>3. EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>17</b>
<b>4. ESTUDOS CARTOGRÁFICOS .....</b>	<b>19</b>
4.1. TRABALHOS CARTOGRÁFICOS .....	20
4.2. ESCOPO DOS SERVIÇOS CARTOGRÁFICOS REALIZADOS .....	24
4.2.1. <i>Objetivo</i> .....	24
4.2.2. <i>Localização da área de trabalho</i> .....	24
4.3. MATERIAIS E ETAPAS DE TRABALHO.....	26
4.3.1. <i>Materiais</i> .....	26
4.3.2. <i>Etapas de Trabalho</i> .....	27
4.3.3. <i>Recebimento dos Dados</i> .....	28
4.3.4. <i>Planejamento de Campo</i> .....	28
4.3.5. <i>Processamento das Imagens e Geração do MDS</i> .....	29
4.3.6. <i>Conversão automática de MDS para MDT</i> .....	32
4.3.7. <i>Extração e Correção Topológica das Curvas de Nível</i> .....	33
4.3.8. <i>Controle de Qualidade dos Dados</i> .....	35
<b>ANEXO.....</b>	<b>36</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
FIGURA 2.1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO .....	16
FIGURA 4.1: EXEMPLO DA METODOLOGIA UTILIZADA PARA DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA .....	21
FIGURA 4.2: BACIA HIDROGRÁFICA – REDE DE DRENAGEM .....	22
FIGURA 4.3: BACIA HIDROGRÁFICA – MAPA DE DECLIVIDADE .....	23
FIGURA 4.4: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO .....	25
FIGURA 4.5: DISTRIBUIÇÃO DAS CENAS.....	26
FIGURA 4.6: FLUXOGRAMA COM O DETALHAMENTO DA METODOLOGIA .....	27
FIGURA 4.7: EXEMPLO DE UM DOS CROQUIS DE CAMPO UTILIZADOS.....	29
FIGURA 4.8: ESQUEMA DE GERAÇÃO DE MOSAICO DE IMAGENS .....	32
FIGURA 4.9: MDT GERADO A PARTIR DA CONVERSÃO AUTOMÁTICA DO MDS .....	33
FIGURA 4.10: TRECHO DE CURVAS DE NÍVEL EXTRAÍDAS A PARTIR DO MDT GERADO.....	34

## LISTA DE QUADROS

### Páginas

QUADRO 4.1:DADOS FÍSICOS DA BACIA DA BARRAGEM FRECHEIRINHA.....	21
---	----

---

## 1. INTRODUÇÃO

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. OBJETIVOS DESTE RELATÓRIO

Este relatório denominado **Tomo 2 – Cartografia - Textos** compõe um dos produtos da **Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem Frecheirinha**, a ser construída no Município de Frecheirinha, no Estado do Ceará, objeto do Contrato nº 03/SRH 2017, que tem como objetivo a “Contratação de Serviços de Consultoria para a Elaboração dos Estudos de Viabilidade, Estudos Ambientais (EIA-RIMA), Levantamento Cadastral, Plano de Reassentamento e Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha, no Município de Frecheirinha, no Estado do Ceará, firmado entre a SRH-Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará e a Empresa ENGESOFT-Engenharia e Consultoria Ltda, como decorrência da citada empresa ter sido vencedora do processo licitatório previsto no Edital de Concorrência Pública Nº 20160001/SRH/CCC.

A finalidade dele é fazer a apresentação à SRH dos Estudos Cartográficos realizados, que servirá de base para a Elaboração do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha.

### 1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A bacia do rio Coreaú, situada na porção noroeste do estado do Ceará, com uma área total de 10.634 km<sup>2</sup>, foi objeto de estudos para o aproveitamento de seus recursos hídricos, que tiveram início na década de 70. Nesta ocasião a bacia possuía apenas duas barragens de grande porte: Tucunduva (Ano 1919 - 40,2 hm<sup>3</sup>) e Várzea da Volta (Ano 1919 - 12,5 hm<sup>3</sup>).

No final da década de 80 foram construídos os açudes Martinópole (Ano 1984 - 23,2 hm<sup>3</sup>) e Diamante (Ano 1988 - 13,2 hm<sup>3</sup>), porém a bacia continuava com um grande vazio hídrico. Dentro deste cenário, o DNOCS contratou a empresa Sirac - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda para desenvolver o Estudo de Viabilidade do Vale do Coreaú, cujas conclusões reforçaram a necessidade de implantação de reservatórios na

referida bacia. Nesse mesmo estudo, foi identificado um boqueirão no rio Caiçara que se revelava adequado para a implantação de um barramento com potencial de acumular cerca de 100 hm<sup>3</sup>.

Em dezembro de 1988 a Sirac apresentou ao DNOCS a documentação técnica referente ao “Anteprojeto da Barragem Frecheirinha”, no rio Caiçara, com uma capacidade de 85 hm<sup>3</sup> e uma vazão de regularização de 0,62 m<sup>3</sup>/s (90% de garantia) e 0,50 m<sup>3</sup>/s (95% de garantia), objetivando a irrigação e o abastecimento de água para as cidades circunvizinhas.

Atualmente esta bacia apresenta um total de nove reservatórios gerenciados pela COGERH. Complementando os quatro reservatórios citados anteriormente, temos ainda as barragens Trapiá III (Ano 1961 – 5,5 hm<sup>3</sup>), Premuoca (Ano 1981 – 5,2 hm<sup>3</sup>), Angicos (Ano 1998 – 56,0 hm<sup>3</sup>), Gangorra (Ano 1999 – 62,5 hm<sup>3</sup>) e Itauna (Ano 2001 – 77,5 hm<sup>3</sup>).

O vale do rio Caiçara, dentro da bacia do rio Coreaú, tem esta denominação até a confluência com o rio Ubajara, a partir de onde passa a ser denominado de rio Coreaú. Nascendo na encosta da serra da Ibiapaba, no município de Ibiapina, atinge o litoral após percorrer 130 km desde sua nascente.

A partir do Anteprojeto desenvolvido pela SIRAC, a SRH contratou esta empresa para o desenvolvimento da barragem Frecheirinha.

O objetivo deste barramento, que era de aproveitar as águas, oriundas da represa, em irrigação das manchas de solo existentes a jusante desta, hoje é de promover o controle dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Coreaú, examinando detalhadamente o atendimento às demandas de águas das regiões de influência. Também tem como objetivo o aproveitamento racional da água acumulada neste reservatório com a finalidade de abastecimento humano e animal, lazer, piscicultura, e um pouco em irrigação, mas como objetivo secundário.

---

## 2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

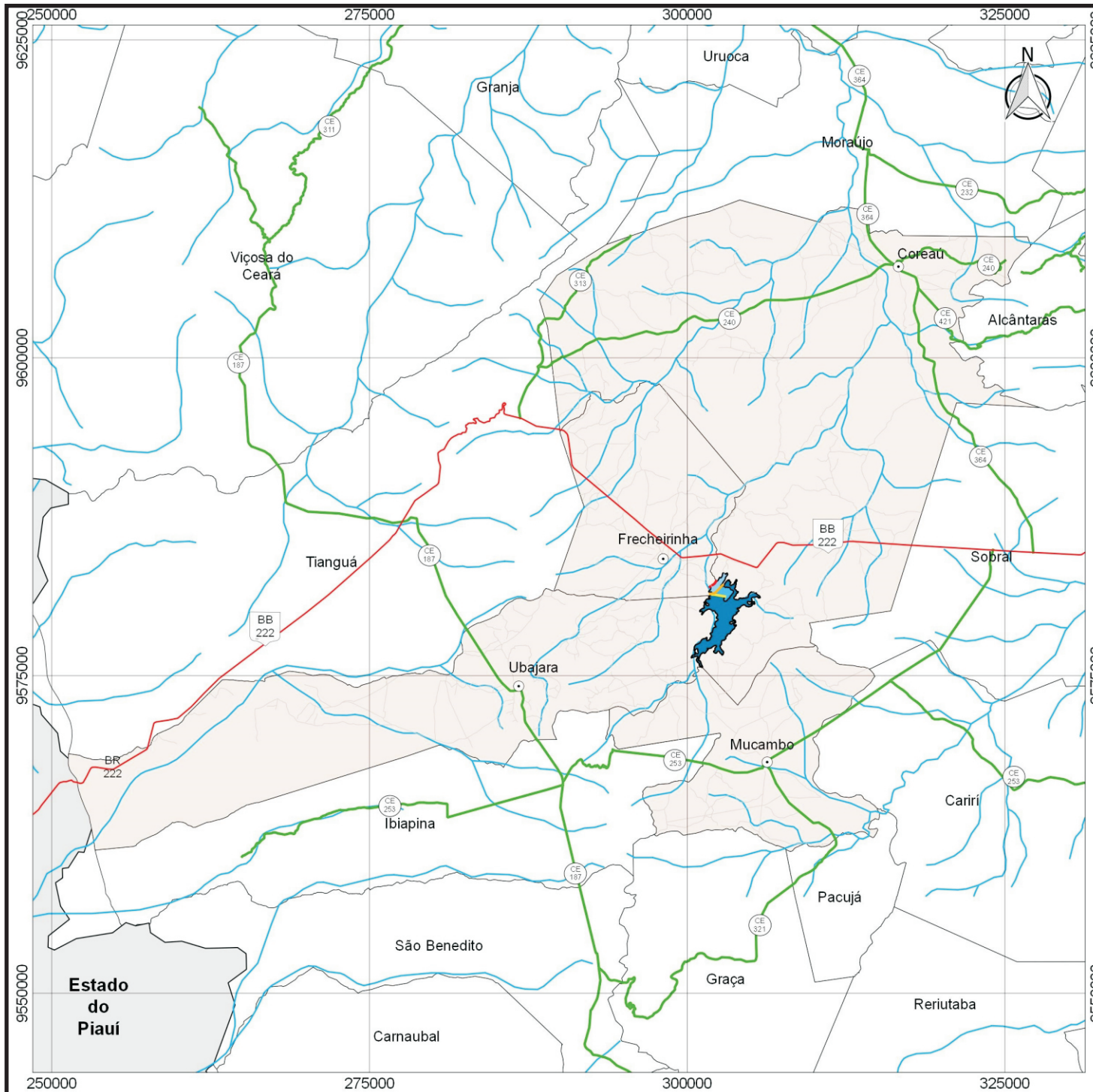
## 2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Barragem Frecheirinha será formada pelo barramento do riacho Caiçaras, afluente do rio Coreaú, tendo sua bacia hidráulica abrangendo terras dos municípios de Frecheirinha, Coreaú, Ubajara e Mucambo. A barragem fechará o boqueirão existente nas imediações da localidade de Caiçara de Cima, no município de Frecheirinha, distando 4,2 km da sede deste município.

Desde Fortaleza o acesso a área do empreendimento pode ser feito através da BR-222, passando pelas cidades de Caucaia, Croatá, São Luís do Curu, Umirim, Itapajé, Irauçuba, Forquilha, Sobral até atingir a cidade de Frecheirinha, 1º acesso, percorrendo-se cerca de 290,0 km. A partir daí, por ruas revestidas por asfalto e pedras e depois por estrada de terra percorre-se 4,2 km até a localidade de Caiçara de Cima, local do eixo do barramento.

O acesso aéreo a área do empreendimento pode ser feito através dos aeródromos de Coreaú, Sobral e São Benedito, a partir de onde têm-se que direcionar para a BR-222 até atingir a cidade de Frecheirinha. O mapa de localização e acessos da área de abrangência do estudo encontra-se apresentado na **Figura 2.1**.





- |                                 |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| <b>Convenções</b>               | <b>Legenda</b>                |
| ○ Sede Municipal                | □ Área de Influência Indireta |
| — Hidrografia                   |                               |
| — Rodovias Federais             |                               |
| — Rodovias Estaduais            |                               |
| — Rodovias Municipais           |                               |
| □ Limites Municipais            |                               |
| □ Estado do Piauí               |                               |
| — Eixo 01                       |                               |
| — Eixo 02                       |                               |
| — Eixo 03                       |                               |
| ■ Área Espelho d'Água (Eixo 01) |                               |
| ■ Área Espelho d'Água (Eixo 02) |                               |
| ■ Área Espelho d'Água (Eixo 03) |                               |



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
Secretaria dos Recursos Hídricos

**ETAPA A2 - ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA BARRAGEM**

**Figura 2.1: Mapa de localização e acesso da Área de abrangência do Estado**

SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000 UTM Zona 24S PROJEÇÃO: Transverse Mercator DATUM: SIRGAS 2000	ESCALA 1 : 300.000
	DATA Novembro/2017

### **3. EQUIPE TÉCNICA PRINCIPAL**

---

### 3. EQUIPE TÉCNICA PRINCIPAL

**Produto:** Projeto da Barragem Frecheirinha

**Empresa:** Engesoft Engenharia e Consultoria Ltda.

**Endereço:** Av. Washington Soares, 855 – 11º Andar – Edson Queiroz – CEP: 60.810-300 – Fortaleza – Ceará – Brasil

**Contrato:** Nº 03/SRH/2017

- *Coordenador de Projeto:* Adonai de Souza Porto – CREA CE – 5297/D
- *Coordenador Adjunto:* Flávio Lage Rocha – CREA CE – 8320/D
- *Projetista de Barragem:* José Ribamar Pinheiro Barbosa – CREA CE – 2918/D
- *Geotecnista Sênior:* Walmir Fernando Duarte Jardim – CREA MG – 10208
- *Engenheiro Hidráulico Sênior:* João Fernandes Vieira Neto – CREA CE – 5297/D
- *Engenheiro de Obras Hídricas:* José Napoleão Santos de Oliveira – CREA CE - 5633/D
- *Economista Pleno:* Raimundo Eduardo Silveira Fontenele – CORECON CE - 1695-0
- *Engenheiro Hidráulico:* Dorian Ponte Lima – CREA CE – 3566/D
- *Ambientalista Pleno:* Naimar Gonçalves Barroso Severiano – CORECON CE – 1996/8ªR

---

## 4. ESTUDOS CARTOGRÁFICOS

## 4. ESTUDOS CARTOGRÁFICOS

### 4.1. TRABALHOS CARTOGRÁFICOS

Os estudos cartográficos foram desenvolvidos basicamente a partir de cartas da SUDENE digitalizadas em escala 1:100.000 e com curvas de nível a cada 40 metros; sobre as quais foi definida a localização do barramento e delimitada a área da bacia hidrográfica.

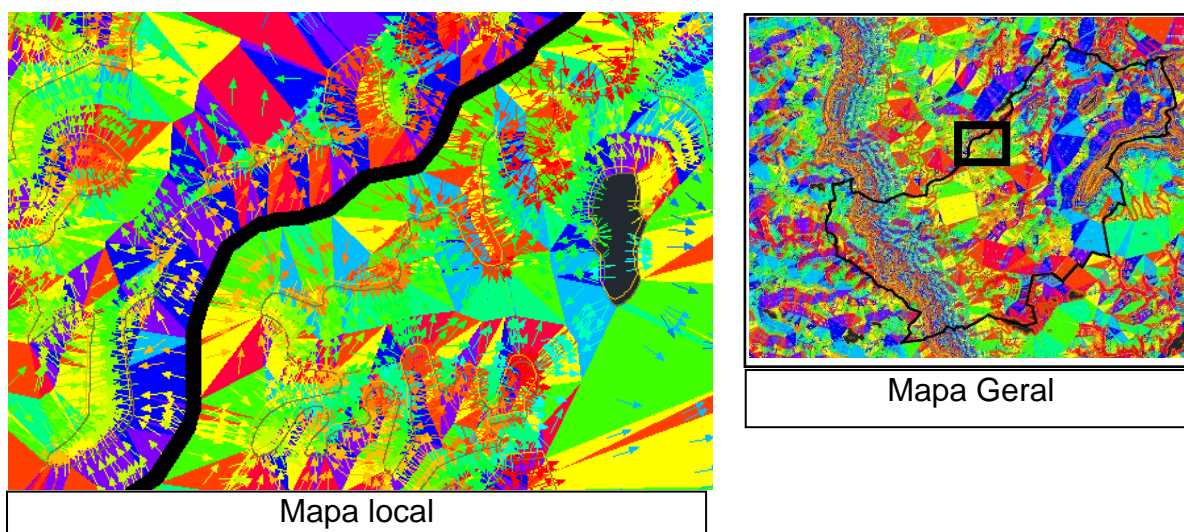
As cartas topográficas utilizadas foram:

- Frecheirinha: nº SA-24-Y-C-VI

Para a identificação das alternativas de localização do eixo da Barragem Frecheirinha, utilizou-se a base cartográfica de Frecheirinha, que também permitiu o inventário das áreas dos possíveis reservatórios, identificando-se a rede de rodovias existente, a infraestrutura relevante como redes elétricas, açudes e escolas, as ocorrências de materiais construtivos, núcleos urbanos, o sistema de drenagem principal e pontos de possíveis fugas.

Empregando ferramentas computacionais como o AUTOCAD CIVIL 3D, gerou-se um modelo digital do terreno - MDT da área de estudo, com curvas altimétricas interpoladas a cada 10 metros, permitindo o traçado automático dos divisores de água e vetores de declividade do terreno local.

O mapeamento das regiões de declividades do terreno propiciou uma maior precisão para a delimitação da bacia de contribuição, como pode-se observar na **Figura 4.1** a seguir, que apresenta o exemplo de um determinado local do contorno da bacia, no qual é possível verificar o perfeito traçado dos limites sobre os divisores de declividade gerado automaticamente pelo AUTOCAD CIVIL 3D.



**Figura 4.1: Exemplo da metodologia utilizada para delimitação da bacia hidrográfica**

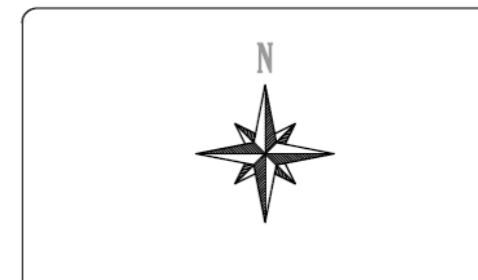
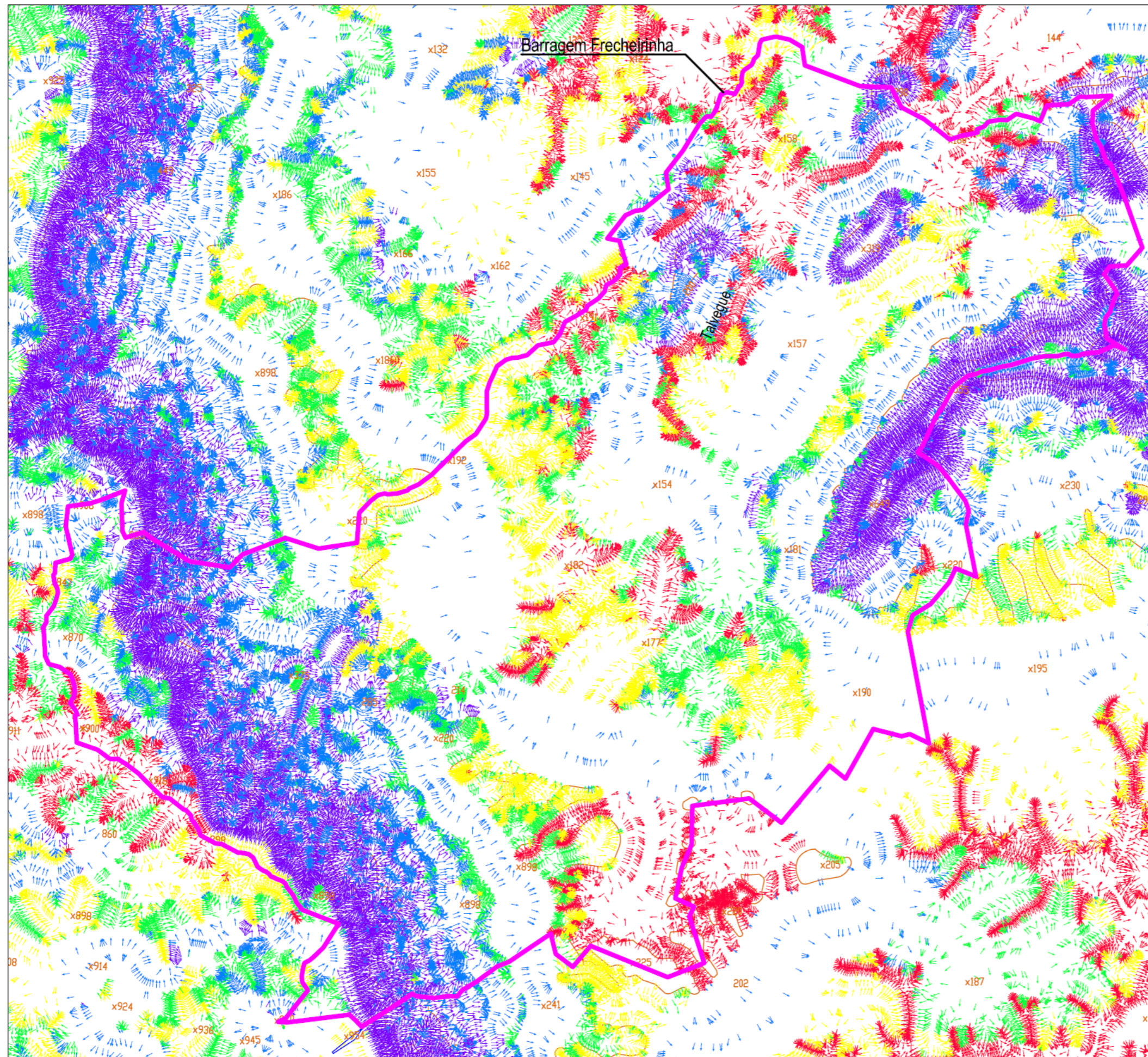
Além da delimitação topográfica, a bacia foi aferida e ajustada através da base de hidrografia unifilar disponibilizada pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Na **Figura 4.2** é apresentado o traçado da bacia, em conformidade com a hidrografia unifilar e na **Figura 4.3** é mostrado o mapa de declividades da área de estudo em conformidade com os limites hidrográficos estabelecidos.

No **Quadro 4.1** a seguir é apresentado um resumo das características físicas da bacia.




**Quadro 4.1: Dados Físicos da Bacia da Barragem Frecheirinha**

Área da bacia Hidrográfica(Km <sup>2</sup> )	Perímetro da bacia Hidrográfica(Km)	Comprimento do rio (km)	Cota do Talvegue à montante(m)	Cota do Talvegue à jusante(m)
198,5	82,1	28,9	900	120





**Legenda:**

-  Contorno da bacia hidrográfica
-  Vetores de declividade
-  Curvas de nível

**Dados da Bacia:**

Área: 198,5 km<sup>2</sup>  
 Perímetro: 82,1 km  
 Comprimento talvegue: 24,6 km

**Observações**

- Datum: Sirgas 2000
- Base cartográfica: SUDENE, Folha MI-680
- Curvas de nível interpoladas a cada 10m

ESCALA: N° DESENHO

1:75.000

DATA: Figura 4.3

01/09/2017

TITULO

BACIA HIDROGRÁFICA  
 MAPA DE DECLIVIDADE



## 4.2. ESCOPO DOS SERVIÇOS CARTOGRÁFICOS REALIZADOS

A Engesoft contratou a Threetek Soluções em Geomática para o processamento, geração de Modelo Digital de Elevação e extração Curvas de Nível e Interpretação a partir de imagens de alta resolução do satélite Kompsat 3Ay de área situada no Ceará.

### 4.2.1. Objetivo

Descrever as etapas de trabalho que foram empregadas na realização do trabalho.

### 4.2.2. Localização da área de trabalho

A área de trabalho é delimitada pelas seguintes coordenadas UTM, Fuso 24, Hemisfério Sul:

302658,941 E, 9584806,919 N;

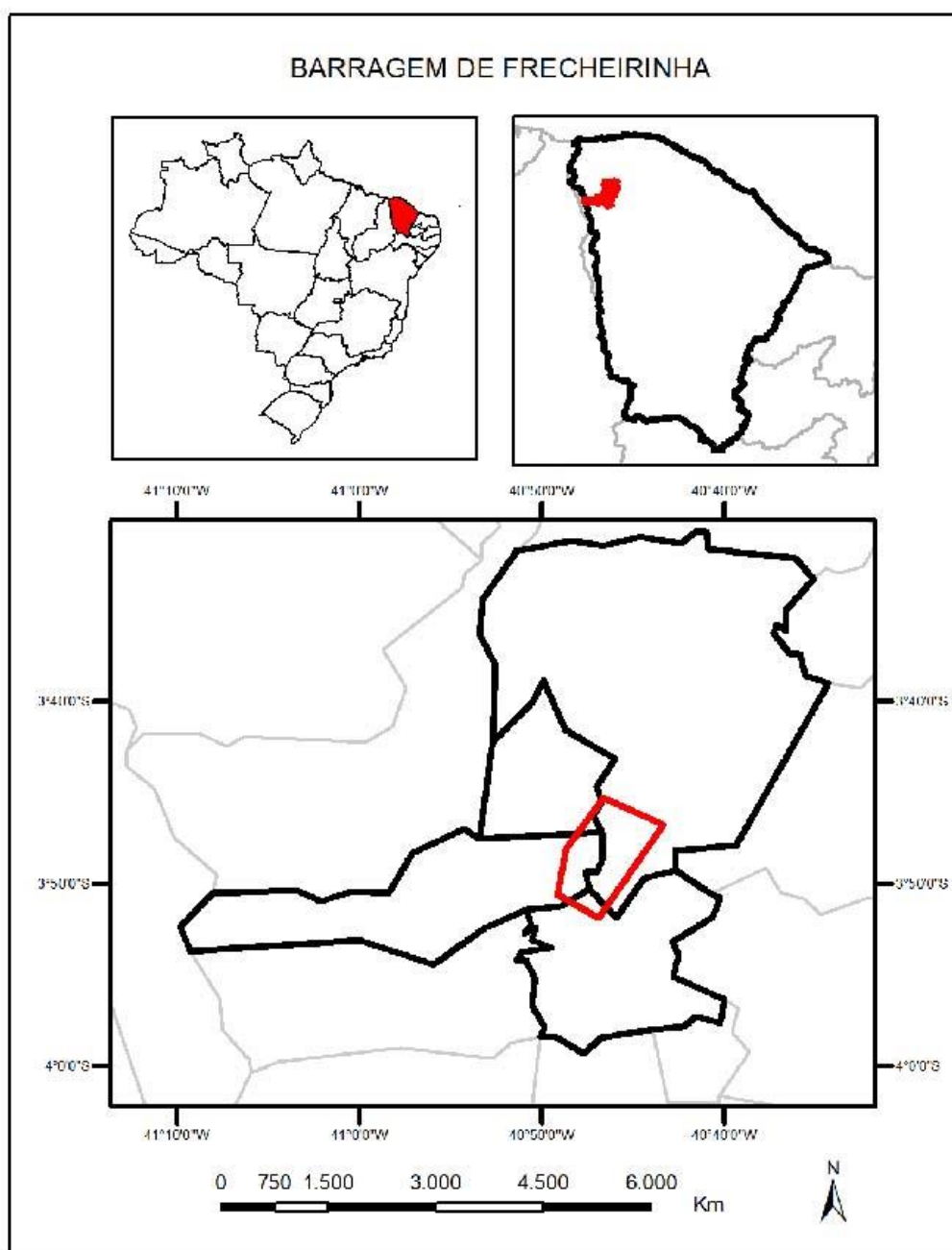
308699,909 E, 9582118,041 N;

302182,057 E, 9572643,082 N;

298031,018 E, 9575024,098 N;

298857,982 E, 9579591,901 N.

Na **Figura 4.4** é possível observar a localização da área de trabalho.



**Figura 4.4: Localização da Área de trabalho**

### 4.3. MATERIAIS E ETAPAS DE TRABALHO

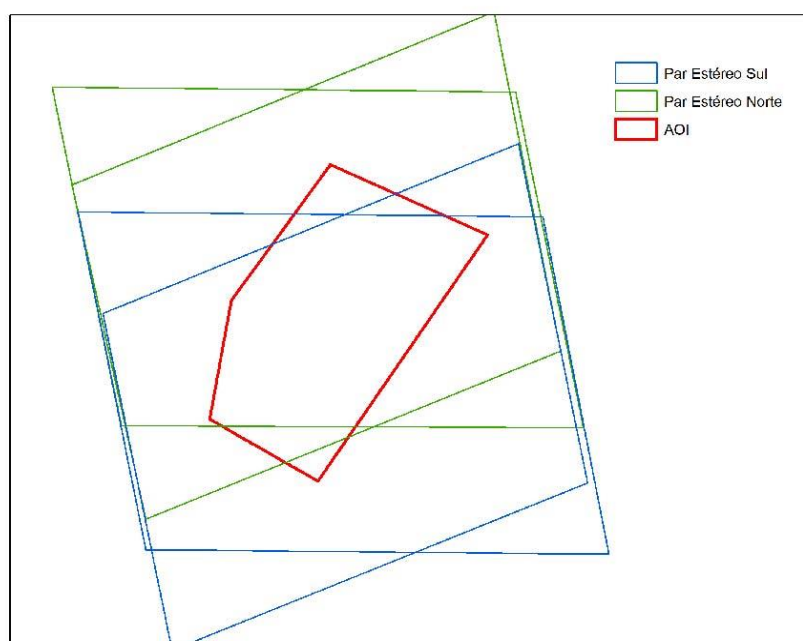
Neste capítulo estão descritos os materiais e as etapas empregadas neste trabalho.

#### 4.3.1. Materiais

A seguir é apresentada a descrição geral dos materiais utilizados no desenvolvimento do trabalho:

- 4 (quatro) cenas do satélite *Kompsat 3A* (dois) pares estéreos - todas elas com 4 (quatro) bandas multiespectrais de 40 (quarenta) centímetros de resolução espacial, no formato 11 bits, Datum WGS 1984 e distribuídas conforme a **Figura 4.5**.

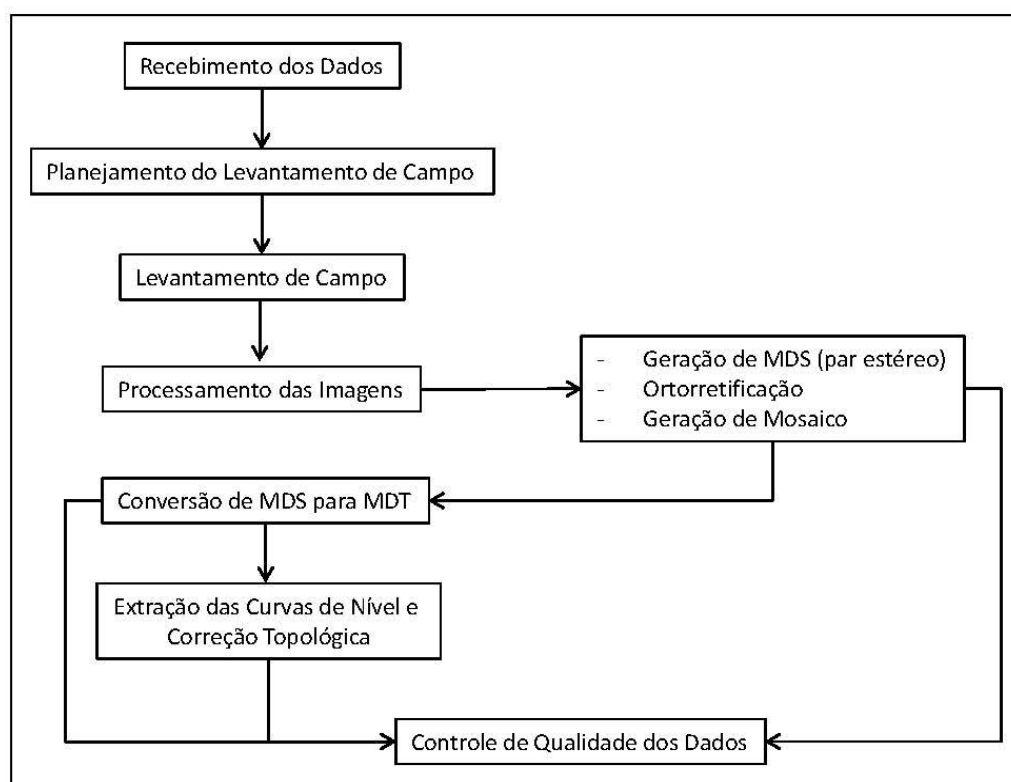
Data de aquisição das imagens: 30 de Julho de 2017



**Figura 4.5: Distribuição das Cenas**

### 4.3.2. Etapas de Trabalho

O trabalho consistiu basicamente em 07 (sete) etapas distintas: 1) Recebimento dos dados; 2) Planejamento do Levantamento de Campo; 3) Levantamento de Campo; 4) Processamento das Imagens (Geração do Modelo Digital de Superfície - MDS, Ortorectificação e Geração de Mosaico); 5) Conversão de MDS para MDT (Modelo Digital de Terreno); 6) Extração e Correção Topológica das Curvas de Nível e 7) Controle de Qualidade dos Dados. Na **Figura 4.6** é possível visualizar o fluxograma com o detalhamento da metodologia.



**Figura 4.6: Fluxograma com o Detalhamento da Metodologia**

#### **4.3.3. Recebimento dos Dados**

Esta etapa englobou a avaliação e organização dos dados Kompsat 3ª fornecidos. Segue exemplo de um dos croquis de campo utilizados

#### **4.3.4. Planejamento de Campo**

Nesta etapa foi elaborada a logística de apoio de campo, seleção das áreas de coleta dos pontos de apoio de campo e elaboração dos seus respectivos croquis de localização.

O levantamento de campo realizado pela contratante englobou as seguintes atividades:

- a) Mobilização e deslocamento da equipe para a área de trabalho;
- b) Planejamento das medições dos pontos objetos, conforme indicação inequívoca da localização dos pontos a serem medidos, constando da indicação detalhada da feição correspondente no croqui de localização;
- c) Planejamento das medições com identificação dos pontos a serem usados como referência para a medição GPS no modo relativo.
- d) Medição dos pontos materializados para sen/ir de apoio à medição dos pontos objetos. Foram utilizados receptores GPS geodésico;
- e) Medição georreferenciada ao Sistema Geodésico Brasileiro dos pontos de controle para apoio terrestre do mapeamento por imagens, com receptores GPS geodésico e topográfico;
- f) Processamento dos dados da medição GPS, com avaliação dos resultados.



**Figura 4.7: Exemplo de um dos croquis de campo utilizados**

#### **4.3.5. Processamento das Imagens e Geração do MDS**

Segue abaixo a descrição dos procedimentos de processamento digital de imagens realizados:

- a) Geração das Composições Coloridas - Foram geradas 4 (quatro) composições coloridas com informações de órbita do satélite e importação dos RPCs (Coeficientes Racionais Polinomiais). Neste procedimento foram consideradas as

bandas RGB e NIR (vermelho, verde, azul e infravermelho próximo), todas agrupadas em um único arquivo.

b) Ortorretificação das Imagens e Geração de MDS - Foram realizadas as seguintes etapas: coleta de pontos de ligação (Tie Points- TPs); coletas de pontos de controle (GCPs), geração de Modelo Digital de Superfície (MDS) e ortorretificação das imagens.

b.1) Coletas de TPs: Primeiramente, foi criado um projeto de ortorretificação englobando todas as cenas Kompsat 3A e seus respectivos RPCs (para maiores informações sobre o arquivo RPC consultar o item b.5). Na segunda etapa, foram coletados pontos de ligação (TPs) na área de sobreposição entre as imagens do mesmo par estereoscópio e entre os diferentes pares.

b.2) Coleta de Pontos de Controle: Tendo sido coletados os TPs, o próximo passo foi coletar pontos de controle (GCPs). Para tal, utilizou-se os pontos de apoio levantados em campo por D GPS. O relatório com os erros médios residuais obtidos para cada GCP utilizado encontra-se anexado à este documento.

b.3) Geração do MDS- Após a coleta de TPs e GCPs foram gerados os 2 (dois) pares epipolares Kompsat 3A e, posteriormente, o MDS. Na geração deste último, considerou-se, além dos pares epipolares, os TPs, os GCPs e as informações do arquivo RPC das imagens.

b.4) Ortorretificação das Imagens - após realizada a coleta de GCPs/TPs, o passo seguinte foi realizar a ortorretificação das cenas adquiridas com maior ângulo de elevação utilizando o MDS e o arquivo Rational Polinomial Coeficiente (RPC), o qual simula as efemérides e atitude do sensor no momento do imageamento. O RPC aliado a um MDE (MDS ou MDT) permite ao usuário corrigir os deslocamentos dos pixels de uma imagem devido ao relevo com resultados significativos sem a

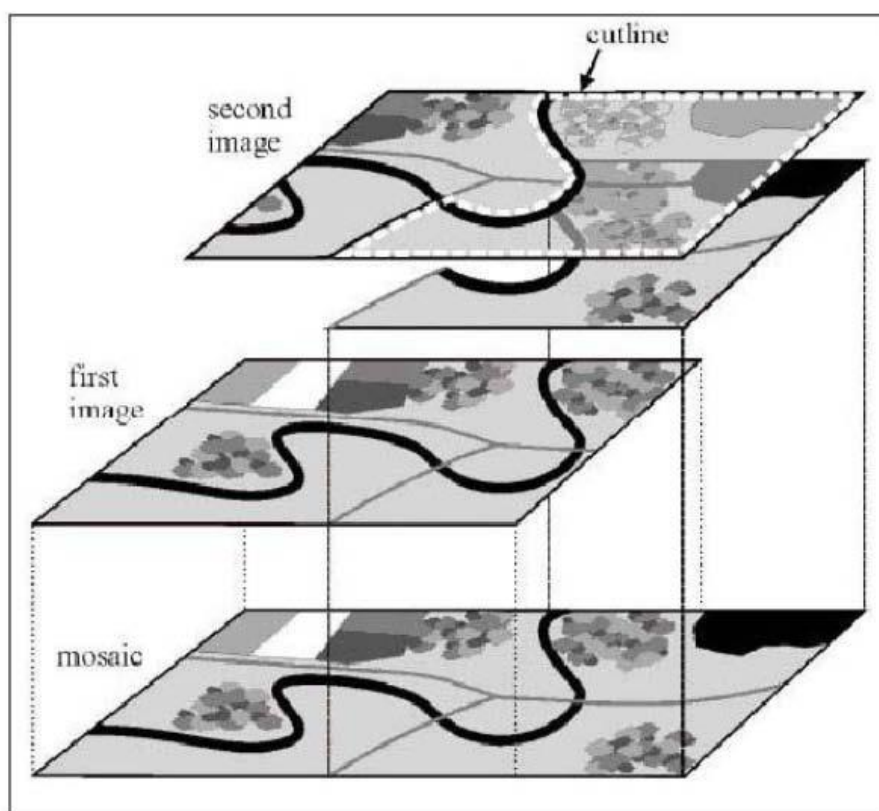
necessidade de se coletar pontos de controle no terreno (DIAL et. al., 2002). A maior ou menor precisão do posicionamento de um pixel em uma imagem corrigida pelo modelo RPC vai depender também da escala dos dados altimétricos utilizados para elaborar o MDE e da declividade da área imageada (SILVA e VERGARA, 2005). Desta forma, vale destacar que a coleta de pontos de controle citada no item anterior, foi imprecidível para garantir a acurácia do MDE e da ortorretificação. Durante esta etapa de ortorretificação, o referencial geodésico das imagens de saída foram convertidos para SIRGAS 2000.

c) Geração de mosaico de cenas adjacentes - o mosaico de imagens consiste na junção de duas ou mais imagens com sobreposição para a criação de uma única imagem uniforme (**Figura 4.8**). Basicamente, trata-se de criar uma "colcha de retalhos" com diversas imagens e, então, fazer desaparecer as juncos através de procedimentos de equalização e mistura de pixels.

Para que o mosaico pareça uma única imagem, ao invés de uma colagem, é importante que as imagens se encaixem bem. Os melhores resultados são sempre obtidos com imagens ortorretificadas. Usandose um modelo matemático rigoroso assegura-se o melhor encaixe não só das imagens individuais, mas também das imagens reunidas como um todo.

A primeira etapa da geração do mosaico consistiu na elaboração das linhas de corte (vetor que delimita a área da imagem a ser inserida no mosaico), priorizando as áreas de menores deslocamentos entre as imagens. Na etapa seguinte, foram coletadas amostras na área de sobreposição entre as imagens de forma a equilibrar as cores do mosaico, tornando-o homogêneo.





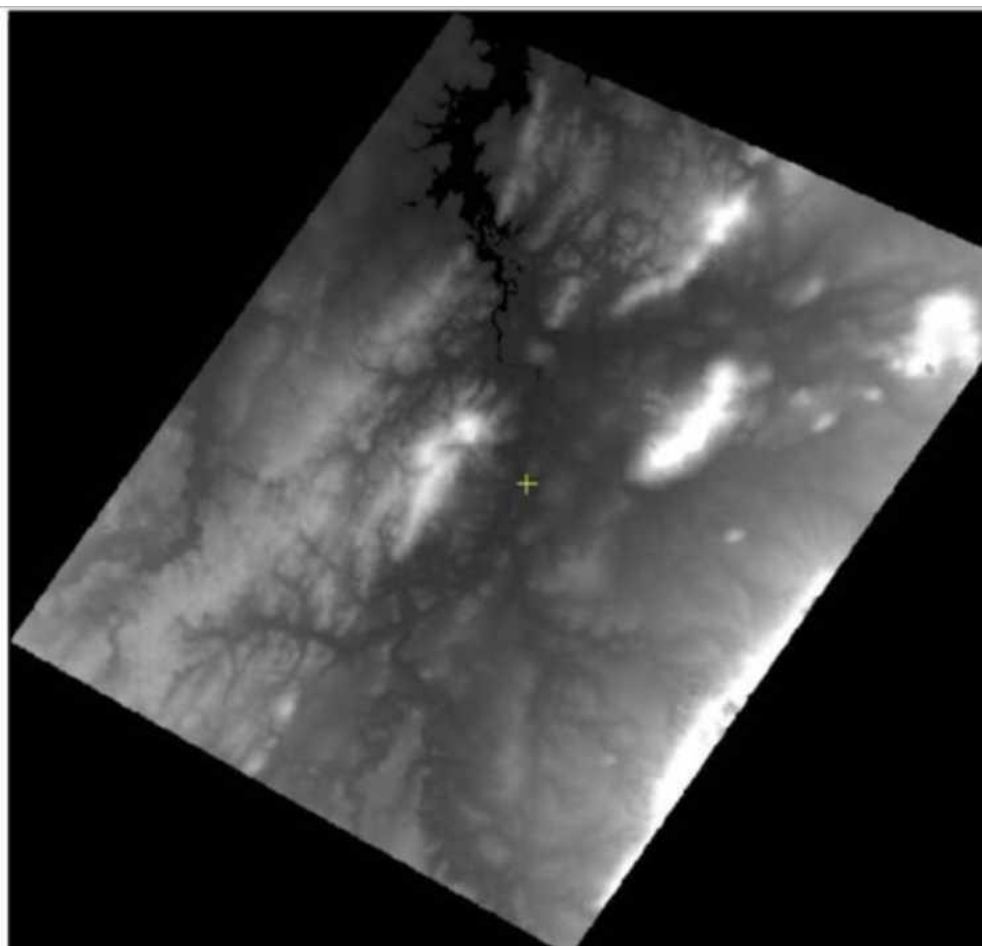
**Figura 4.8: Esquema De Geração De Mosaico De Imagens**

d) Processamentos finais das imagens - ao término da geração do mosaico foram realizados os procedimentos de realce de contraste e conversão para o formato *GeoTIFF*

#### **4.3.6. Conversão automática de MDS para MDT**

De forma a reduzir ao máximo a altura de feições elevadas, tais como edificações e copa das árvores, foi aplicado sobre o MDS gerado um algoritmo interpolador específico. Este algoritmo considera: a) a dimensão em pixels dos objetos a serem removidos; b) o limite de declividade no qual os objetos são tratados como feições no terreno e, portanto, não são removidos; c) Tamanho, em pixels, dos filtros que serão utilizados na interpolação para reduzir as falhas geradas pela remoção de objetos e d) tamanho, em pixels, que

serão utilizados no filtro de mediana, aplicado na suavização final do prouto final (**Figura 4.9**).



**Figura 4.9: MDT Gerado a Partir da Conversão Automática do MDS**

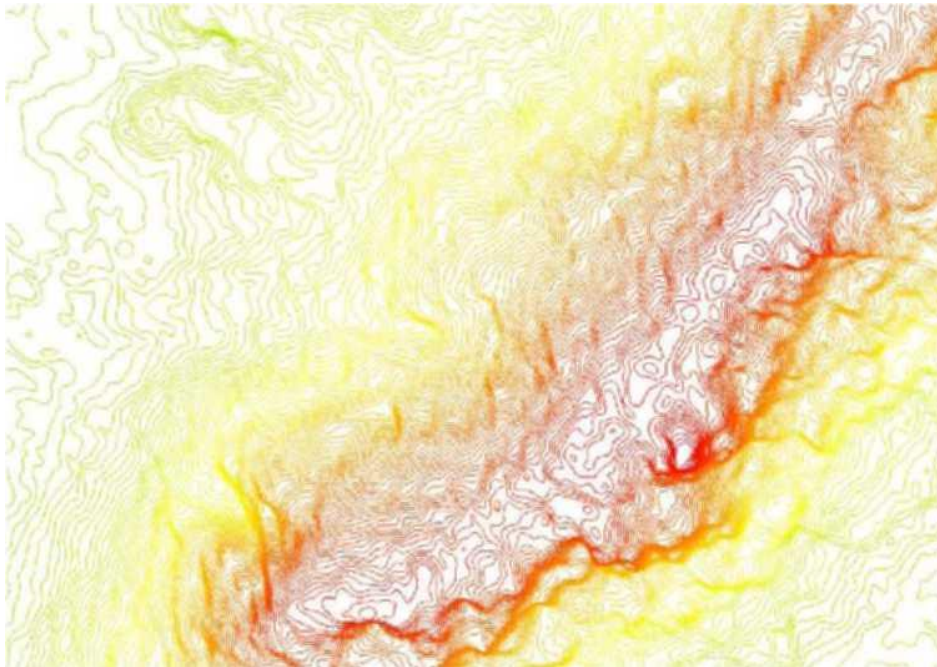
#### **4.3.7. Extração e Correção Topológica das Curvas de Nível**

As curvas de nível foram extraídas, automaticamente, a cada 2 metros de altura, com base no MDT gerado. Alguns ruídos vetorizados automaticamente foram excluídos do arquivo vetorial (shapefile). As linhas sofreram um processo automático de suavização e,

posteriormente, foram submetidas ao processo de correção topológica, conforme as seguintes regras

- Não devem existir sobreposição de linhas
- Não devem existir interseção de linhas
- Não devem existir quebras ao longo das linhas
- Linhas de mesma cota devem estar conectadas
- Não devem existir linhas duplicadas
- Cada linha deve ser uma única feição

O resultado final é apresentado na **Figura 4.10**.



**Figura 4.10: Trecho de Curvas de Nível extraídas a partir do MDT gerado**

#### **4.3.8. Controle de Qualidade dos Dados**

Para verificação da ortorretificação foram analisados os Erros Médios Residuais (RMS) dos pontos coletados em campo através de DGPS.

No que se refere ao mosaico final, foi realizada uma verificação para assegurar que não houve desequilíbrio de cores e deslocamentos entre as cenas que o compõem.

No que se refere as curvas de nível, foram realizadas as etapas de validação topológica, conforme regras mencionadas no item 4.3.7.

Para avaliação / validação da cota altimétrica do MDT gerado, foram utilizados pontos levantados em campo por DGPS não aplicados na geração dos produtos e o relatório de Erros Médios Residuais (anexo a este relatório).



Relatório de erros médios residuais para pontos de controle (GCPs) - Cenas Kompsat  
3A Unidade dos resíduos: unidade do terreno (m)

Informação residual para as cenas

GCPs: 33    X RMS = 0.49    Y RMS = 0.58    Z RMS = 0.95

RMS (x, y, z) para os piores 5% dos pontos na lista: 1.19, 0.41, 0.88

Point	Res	ResX	Res Y	ResZ	Image	Ground X	G round Y	G round Z
P01-A	0.522	0.173	0.492	0.442	K3A_20170730161824_12962_0003	302.613.765	9.584.667.388	111.670
P01-A	0.522	0.173	0.492	0.442	K3A_20170730161958_12962_0003	302.613.765	9.584.667.388	111.670
P02-B	0.455	0.285	0.355	0.905	K3A_20170730161958_12962_0003	300.803.330	9.582.589.058	116.050
P02-B	0.455	0.285	0.355	0.905	K3A_20170730161824_12962_0003	300.803.330	9.582.589.058	116.050
P02-B	0.455	0.285	0.355	0.905	K3A_20170730161958_12962_0001	300.803.330	9.582.589.058	116.050
P02-C	0.818	0.467	0.672	0.979	K3A_20170730161958_12962_0003	300.973.733	9.582.549.631	114.810
P02-C	0.818	0.467	0.672	0.979	K3A_20170730161824_12962_0003	300.973.733	9.582.549.631	114.810
P02-C	0.818	0.467	0.672	0.979	K3A_20170730161958_12962_0001	300.973.733	9.582.549.631	114.810
P03-A	0.288	-0.079	0.277	0.895	K3A_20170730161958_12962_0001	297.631.458	9.580.387.242	140.090
P03-A	0.288	-0.079	0.277	0.895	K3A_20170730161824_12962_0003	297.631.458	9.580.387.242	140.090
P03-A	0.288	-0.079	0.277	0.895	K3A_20170730161824_12962_0001	297.631.458	9.580.387.242	140.090
P03-A	0.288	-0.079	0.277	0.895	K3A_20170730161958_12962_0003	297.631.458	9.580.387.242	140.090

Point	Res	ResX	Res Y	ResZ	Image	Ground X	G round Y	G round Z
P03-B	1.011	-0.856	0.537	0.862	K3A_20170730161824_12962_0001	297.607.994	9.580.369.919	140.360
P03-B	1.011	-0.856	0.537	0.862	K3A_20170730161958_12962_0001	297.607.994	9.580.369.919	140.360
P03-B	1.011	-0.856	0.537	0.862	K3A_20170730161824_12962_0003	297.607.994	9.580.369.919	140.360
P03-B	1.011	-0.856	0.537	0.862	K3A_20170730161958_12962_0003	297.607.994	9.580.369.919	140.360
P03-C	0.870	-0.862	0.115	0.863	K3A_20170730161824_12962_0001	297.709.539	9.580.421.611	139.450
P03-C	0.870	-0.862	0.115	0.863	K3A_20170730161958_12962_0003	297.709.539	9.580.421.611	139.450
P03-C	0.870	-0.862	0.115	0.863	K3A_20170730161958_12962_0001	297.709.539	9.580.421.611	139.450
P03-C	0.870	-0.862	0.115	0.863	K3A_20170730161824_12962_0003	297.709.539	9.580.421.611	139.450
P04-A	1.109	-0.450	1.014	-0.408	K3A_20170730161958_12962_0003	295.966.816	9.577.478.272	169.220
P04-A	1.109	-0.450	1.014	-0.408	K3A_20170730161824_12962_0001	295.966.816	9.577.478.272	169.220
P04-A	1.109	-0.450	1.014	-0.408	K3A_20170730161824_12962_0003	295.966.816	9.577.478.272	169.220
P04-A	1.109	-0.450	1.014	-0.408	K3A_20170730161958_12962_0001	295.966.816	9.577.478.272	169.220
P04-B	0.733	-0.481	0.554	-1.400	K3A_20170730161824_12962_0001	296.242.928	9.577.497.388	165.700
P04-B	0.733	-0.481	0.554	-1.400	K3A_20170730161958_12962_0003	296.242.928	9.577.497.388	165.700
P04-B	0.733	-0.481	0.554	-1.400	K3A_20170730161824_12962_0003	296.242.928	9.577.497.388	165.700
P04-B	0.733	-0.481	0.554	-1.400	K3A_20170730161958_12962_0001	296.242.928	9.577.497.388	165.700
P05-A	0.694	0.653	0.235	1.188	K3A_20170730161824_12962_0001	299.537.925	9.575.122.113	149.680
P05-A	0.694	0.653	0.235	1.188	K3A_20170730161824_12962_0003	299.537.925	9.575.122.113	149.680
P05-A	0.694	0.653	0.235	1.188	K3A_20170730161958_12962_0001	299.537.925	9.575.122.113	149.680
P05-A	0.694	0.653	0.235	1.188	K3A_20170730161958_12962_0003	299.537.925	9.575.122.113	149.680

Point	Res	ResX	Res Y	ResZ	Image	Ground X	G round Y	G round Z
P06-A	0.699	-0.135	-0.686	0.915	K3A_20170730161824_12962_0001	300.709.098	9.577.150.454	128.210
P06-A	0.699	-0.135	-0.686	0.915	K3A_20170730161824_12962_0003	300.709.098	9.577.150.454	128.210
P06-A	0.699	-0.135	-0.686	0.915	K3A_20170730161958_12962_0001	300.709.098	9.577.150.454	128.210
P06-A	0.699	-0.135	-0.686	0.915	K3A_20170730161958_12962_0003	300.709.098	9.577.150.454	128.210
P06-B	0.286	-0.281	0.058	-1.585	K3A_20170730161958_12962_0001	300.897.193	9.577.488.789	132.210
P06-B	0.286	-0.281	0.058	-1.585	K3A_20170730161958_12962_0003	300.897.193	9.577.488.789	132.210
P06-B	0.286	-0.281	0.058	-1.585	K3A_20170730161824_12962_0003	300.897.193	9.577.488.789	132.210
P06-B	0.286	-0.281	0.058	-1.585	K3A_20170730161824_12962_0001	300.897.193	9.577.488.789	132.210
P06-C	0.922	0.269	-0.882	-3.715	K3A_20170730161824_12962_0001	300.706.063	9.577.205.377	131.600
P06-C	0.922	0.269	-0.882	-3.715	K3A_20170730161824_12962_0003	300.706.063	9.577.205.377	131.600
P06-C	0.922	0.269	-0.882	-3.715	K3A_20170730161958_12962_0003	300.706.063	9.577.205.377	131.600
P06-C	0.922	0.269	-0.882	-3.715	K3A_20170730161958_12962_0001	300.706.063	9.577.205.377	131.600
P07-B	0.755	-0.181	-0.732	0.510	K3A_20170730161958_12962_0001	302.768.789	9.579.016.266	126.210
P07-B	0.755	-0.181	-0.732	0.510	K3A_20170730161958_12962_0003	302.768.789	9.579.016.266	126.210
P07-B	0.755	-0.181	-0.732	0.510	K3A_20170730161824_12962_0001	302.768.789	9.579.016.266	126.210
P07-B	0.755	-0.181	-0.732	0.510	K3A_20170730161824_12962_0003	302.768.789	9.579.016.266	126.210
P07-C	0.808	-0.173	-0.789	-2.639	K3A_20170730161824_12962_0001	302.742.142	9.579.040.396	124.760
P07-C	0.808	-0.173	-0.789	-2.639	K3A_20170730161958_12962_0001	302.742.142	9.579.040.396	124.760
P07-C	0.808	-0.173	-0.789	-2.639	K3A_20170730161958_12962_0003	302.742.142	9.579.040.396	124.760
P07-C	0.808	-0.173	-0.789	-2.639	K3A_20170730161824_12962_0003	302.742.142	9.579.040.396	124.760



Point	Res	ResX	Res Y	ResZ	Image	Ground X	G round Y	G round Z
P08-A	0.820	-0.551	-0.608	0.893	K3A_20170730161824_12962_0001	306.101.027	9.581.180.126	138.200
P08-A	0.820	-0.551	-0.608	0.893	K3A_20170730161824_12962_0003	306.101.027	9.581.180.126	138.200
P08-A	0.820	-0.551	-0.608	0.893	K3A_20170730161958_12962_0001	306.101.027	9.581.180.126	138.200
P08-A	0.820	-0.551	-0.608	0.893	K3A_20170730161958_12962_0003	306.101.027	9.581.180.126	138.200
P08-B	0.574	-0.055	-0.571	-1.814	K3A_20170730161958_12962_0001	305.901.212	9.581.367.514	135.030
P08-B	0.574	-0.055	-0.571	-1.814	K3A_20170730161824_12962_0001	305.901.212	9.581.367.514	135.030
P08-B	0.574	-0.055	-0.571	-1.814	K3A_20170730161958_12962_0003	305.901.212	9.581.367.514	135.030
P08-B	0.574	-0.055	-0.571	-1.814	K3A_20170730161824_12962_0003	305.901.212	9.581.367.514	135.030
P09-B	0.927	0.506	0.776	1.219	K3A_20170730161958_12962_0003	305.045.079	9.583.638.135	133.110
P09-B	0.927	0.506	0.776	1.219	K3A_20170730161824_12962_0003	305.045.079	9.583.638.135	133.110
P09-C	1.130	0.719	0.873	0.329	K3A_20170730161824_12962_0001	305.396.388	9.583.503.181	134.240
P09-C	1.130	0.719	0.873	0.329	K3A_20170730161958_12962_0003	305.396.388	9.583.503.181	134.240
P09-C	1.130	0.719	0.873	0.329	K3A_20170730161824_12962_0003	305.396.388	9.583.503.181	134.240
P10-A	0.289	-0.238	-0.164	-1.342	K3A_20170730161958_12962_0001	308.833.366	9.582.930.339	150.480
P10-A	0.289	-0.238	-0.164	-1.342	K3A_20170730161824_12962_0003	308.833.366	9.582.930.339	150.480
P10-A	0.289	-0.238	-0.164	-1.342	K3A_20170730161 824_12962_0001	308.833.366	9.582.930.339	150.480
P10-A	0.289	-0.238	-0.164	-1.342	K3A_20170730161958_12962_0003	308.833.366	9.582.930.339	150.480
P10-B	0.700	-0.399	0.575	0.756	K3A_20170730161824_12962_0001	308.728.885	9.583.183.257	146.550
P10-B	0.700	-0.399	0.575	0.756	K3A_20170730161958_12962_0003	308.728.885	9.583.183.257	146.550
P10-B	0.700	-0.399	0.575	0.756	K3A_20170730161824_12962_0003	308.728.885	9.583.183.257	146.550

Point	Res	ResX	Res Y	ResZ	Image	Ground X	G round Y	G round Z
P10-C	0.907	-0.111	0.901	-0.470	K3A_20170730161958_12962_0003	308.774.634	9.583.194.427	145.340
P10-C	0.907	-0.111	0.901	-0.470	K3A_20170730161824_12962_0001	308.774.634	9.583.194.427	145.340
P10-C	0.907	-0.111	0.901	-0.470	K3A_20170730161824_12962_0003	308.774.634	9.583.194.427	145.340
P11-B	0.116	-0.024	-0.114	0.719	K3A_20170730161824_12962_0003	307.179.393	9.580.462.892	156.460
P11-B	0.116	-0.024	-0.114	0.719	K3A_20170730161824_12962_0001	307.179.393	9.580.462.892	156.460
P11-B	0.116	-0.024	-0.114	0.719	K3A_20170730161958_12962_0001	307.179.393	9.580.462.892	156.460
P11-B	0.116	-0.024	-0.114	0.719	K3A_20170730161958_12962_0003	307.179.393	9.580.462.892	156.460
P11-C	0.687	-0.339	-0.597	-1.999	K3A_20170730161824_12962_0001	307.180.360	9.580.483.717	156.840
P11-C	0.687	-0.339	-0.597	-1.999	K3A_20170730161824_12962_0003	307.180.360	9.580.483.717	156.840
P11-C	0.687	-0.339	-0.597	-1.999	K3A_20170730161958_12962_0001	307.180.360	9.580.483.717	156.840
P11-C	0.687	-0.339	-0.597	-1.999	K3A_20170730161958_12962_0003	307.180.360	9.580.483.717	156.840
P12-A	1.294	1.286	-0.144	0.973	K3A_20170730161958_12962_0003	306.164.521	9.578.067.508	169.780
P12-A	1.294	1.286	-0.144	0.973	K3A_20170730161958_12962_0001	306.164.521	9.578.067.508	169.780
P12-A	1.294	1.286	-0.144	0.973	K3A_20170730161824_12962_0001	306.164.521	9.578.067.508	169.780
P12-A	1.294	1.286	-0.144	0.973	K3A_20170730161824_12962_0003	306.164.521	9.578.067.508	169.780
P12-B	0.161	0.059	-0.149	0.593	K3A_20170730161824_12962_0001	306.022.586	9.577.984.782	165.300
P12-B	0.161	0.059	-0.149	0.593	K3A_20170730161824_12962_0003	306.022.586	9.577.984.782	165.300
P12-B	0.161	0.059	-0.149	0.593	K3A_20170730161958_12962_0003	306.022.586	9.577.984.782	165.300
P12-B	0.161	0.059	-0.149	0.593	K3A_20170730161958_12962_0001	306.022.586	9.577.984.782	165.300
P12-C	0.866	0.812	0.299	0.667	K3A_20170730161958_12962_0001	305.974.017	9.578.085.573	162.690

Point	Res	ResX	Res Y	ResZ	Image	Ground X	G round Y	G round Z
P12-C	0.866	0.812	0.299	0.667	K3A_20170730161958_12962_0003	305.974.017	9.578.085.573	162.690
P12-C	0.866	0.812	0.299	0.667	K3A_20170730161824_12962_0003	305.974.017	9.578.085.573	162.690
P12-C	0.866	0.812	0.299	0.667	K3A_20170730161824_12962_0001	305.974.017	9.578.085.573	162.690
P13-A	0.950	0.228	-0.922	0.692	K3A_20170730161824_12962_0003	304.610.049	9.575.904.904	163.180
P13-A	0.950	0.228	-0.922	0.692	K3A_20170730161958_12962_0001	304.610.049	9.575.904.904	163.180
P13-A	0.950	0.228	-0.922	0.692	K3A_20170730161958_12962_0003	304.610.049	9.575.904.904	163.180
P13-A	0.950	0.228	-0.922	0.692	K3A_20170730161824_12962_0001	304.610.049	9.575.904.904	163.180
P13-B	1.071	-0.440	-0.976	-0.785	K3A_20170730161824_12962_0003	304.554.475	9.576.029.026	160.770
P13-B	1.071	-0.440	-0.976	-0.785	K3A_20170730161958_12962_0003	304.554.475	9.576.029.026	160.770
P13-B	1.071	-0.440	-0.976	-0.785	K3A_20170730161958_12962_0001	304.554.475	9.576.029.026	160.770
P13-B	1.071	-0.440	-0.976	-0.785	K3A_20170730161824_12962_0001	304.554.475	9.576.029.026	160.770
P13-C	0.788	0.748	-0.248	0.507	K3A_20170730161958_12962_0003	304.598.417	9.575.886.199	163.100
P13-C	0.788	0.748	-0.248	0.507	K3A_20170730161824_12962_0003	304.598.417	9.575.886.199	163.100
P13-C	0.788	0.748	-0.248	0.507	K3A_20170730161958_12962_0001	304.598.417	9.575.886.199	163.100
P13-C	0.788	0.748	-0.248	0.507	K3A_20170730161824_12962_0001	304.598.417	9.575.886.199	163.100
P14-A	0.512	0.282	-0.427	0.813	K3A_20170730161824_12962_0001	302.139.545	9.574.024.885	149.140
P14-A	0.512	0.282	-0.427	0.813	K3A_20170730161958_12962_0001	302.139.545	9.574.024.885	149.140
P14-A	0.512	0.282	-0.427	0.813	K3A_20170730161824_12962_0003	302.139.545	9.574.024.885	149.140
P14-B	0.507	-0.421	-0.283	0.956	K3A_20170730161958_12962_0001	302.103.073	9.574.038.820	149.220
P14-B	0.507	-0.421	-0.283	0.956	K3A_20170730161824_12962_0003	302.103.073	9.574.038.820	149.220

Point	Res	ResX	Res Y	ResZ	Image	Ground X	G round Y	G round Z
P14-B	0.507	-0.421	-0.283	0.956	K3A_20170730161824_12962_0001	302.103.073	9.574.038.820	149.220
P15-B	0.438	0.041	0.436	-0.060	K3A_20170730161958_12962_0001	299.954.624	9.573.608.655	157.030
P15-B	0.438	0.041	0.436	-0.060	K3A_20170730161824_12962_0001	299.954.624	9.573.608.655	157.030
P15-B	0.438	0.041	0.436	-0.060	K3A_20170730161824_12962_0003	299.954.624	9.573.608.655	157.030
P15-C	0.129	-0.037	0.124	-0.679	K3A_20170730161958_12962_0001	300.039.466	9.573.726.908	156.980
P15-C	0.129	-0.037	0.124	-0.679	K3A_20170730161824_12962_0003	300.039.466	9.573.726.908	156.980
P15-C	0.129	-0.037	0.124	-0.679	K3A_20170730161824_12962_0001	300.039.466	9.573.726.908	156.980

