

Processo de instalação dos refletores de canto na fase de Pré-Sinalização de Voo por Radar

Joel Borges dos Passos¹
Leandro Luiz Silva de França¹
Mauro Sérgio Vieira²

¹ Diretoria de Serviço Geográfico do Exército – DSG
QG Ex – Bloco “F” – 2º Pav – SMU
70.630-901 - Brasília - DF, Brasil
{joel.passos, frança.leandro}@eb.mil.br

² Universidade Severino Sombra – USS
Av. Expedicionário Oswaldo de Almeida Ramos, 280
27700-000 - CentroVassoura – RJ, Brasil
maurosergio_vieira@yahoo.com.br

Resumo. Para construção da base cartográfica digital do Estado do Amapá, o Serviço Geográfico do Exército Brasileiro recorreu à tecnologia de Radar de Abertura Sintética (Synthetic Aperture Radar - SAR). Neste Projeto, a banda interferométrica de SAR (InSAR) permite o mapeamento do terreno ao nível do solo, localizado abaixo da camada constante de nuvens e o denso dossel da Floresta Amazônica, além de transpassar os obstáculos devidos às condições atmosféricas desfavoráveis. O objetivo principal da técnica InSAR é gerar o modelo de elevação digital (DEM), obtido a partir da relação entre a fase interferométrica absoluta e a topografia do terreno. A fase interferométrica é calibrada com o uso de refletores de canto instalados em terra. No entanto, a técnica de auto calibração desenvolvida por Mura passou a ser empregada. Esta técnica determina automaticamente o deslocamento da fase interferométrica sem necessidade de trabalho de campo. Portanto, os refletores de canto são usados apenas como pontos de controle planialtimétricos com o objetivo de garantir o preciso georreferenciamento das imagens InSAR. Neste contexto, este trabalho descreve os procedimentos e exigências técnicas para a instalação dos refletores de canto na fase de Pré-sinalização por radar.

Palavras-chave: Refletor de Canto, Interferometria SAR, Radar, Pré-sinalização.

Abstract. For the construction of the digital cartographic base of the State of Amapá, the Brazilian Army Geographic Service resorted to the Synthetic Aperture Radar (SAR) technology. In this project, the Interferometric SAR bands (InSAR) allowed the terrain mapping at the ground level, located below the dense canopy layer of the Amazon Forest, with the advantage of crossing the obstacles related to unfavorable weather conditions. The main objective of the InSAR technique is to generate the Digital Elevation Model (MDE), which is obtained from the relation between the absolute interferometric phase and the terrain topography. The interferometric phase can be calibrated with the use of ground reflectors. However, the self-calibration technique developed by Mura was used. This technique automatically determines the displacement of the interferometric phase without the obligatory field work. Therefore, corner reflectors are used only as planialtimetric control points in order to guarantee the accurate georeferencing of InSAR images. In this context, this work describes the procedures and technical requirements for the installation of corner reflectors in the radar pre-signaling phase.

Keywords: Corner Reflector, Interferometry SAR, Radar, Pre-signaling.

1. Introdução

O Exército Brasileiro, por intermédio da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) está mapeando cerca de 1,8 milhões de km² da região da Amazônia Legal, o equivalente a 606 folhas na escala de 1:100.000. Esta área não possui informações cartográficas terrestres satisfatórias, sendo conhecida como região do “vazio cartográfico”.

Os documentos cartográficos antigos produzidos para essa região, em geral, não representavam as feições planialtimétricas do terreno ao nível do solo, mapeando apenas informações altimétricas ao nível da copa das árvores.

Neste contexto está inserido o Estado do Amapá, o qual é coberto por florestas tropicais com densa cobertura vegetal e conta com constante presença de nuvens devido às suas condições atmosféricas adversas. Essas condições, por vezes, impedem as aplicações de métodos tradicionais de recobrimentos aerofotogramétricos que se utilizam apenas de sensores ópticos.

Devido a essas características da Amazônia, o emprego de Radares de Abertura Sintética (*Synthetic Aperture Radar* - SAR) orbitais ou aerotransportados se tornou a solução tecnológica mais viável para seu imageamento.

De modo geral, estes radares apresentam as seguintes vantagens em relação aos sensores ópticos: independência do sol como fonte de iluminação dos alvos e a capacidade de ultrapassar as nuvens, permitindo assim, sob condições atmosféricas desfavoráveis, o imageamento e a obtenção da topografia do terreno, por intermédio do emprego da técnica da Interferometria SAR¹ (InSAR) (Correia, 2011).

Os referidos sensores geram imagens na banda X, que interagem ao nível da copa das árvores, e também geram imagens na banda P, que interagem em regiões de floresta densa, ao nível do solo.

A técnica InSAR possibilita a geração de ortoimagem SAR e de Modelos Digitais de Elevação (MDE), que são obtidos por meio do relacionamento entre a fase interferométrica absoluta e a topografia do terreno.

Mura (2000), afirma que para a geração da fase interferométrica absoluta é necessário à etapa de calibração de fase, ou seja, a etapa na qual se determina o “*offset*” de fase e é uma das etapas mais críticas da geocodificação automática, porque afeta diretamente a exatidão do modelo de elevação. Este “*offset*” pode ser determinado através do uso de pontos de controle.

¹ É uma técnica que utiliza um par de imagens SAR no formato complexo, de amplitude e fase, para gerar uma terceira imagem complexa, dita imagem interferométrica, cuja fase de cada *pixel*, dita fase interferométrica, é formada pela diferença de fase entre os *pixels* correspondentes nas duas imagens originais. (MURA, 2000).

O uso do método com pontos de controle é o meio mais exato para a determinação do “*offset*” da fase interferométrica. Normalmente utiliza-se como ponto de controle em imagem de radar, um refletor de canto, “*corner reflector*”², cuja forma mais comum é o triedro triangular (Curlander e McDonough, 1991).

Porém, o método utilizando ponto de controle, para o cálculo de “*offset*” de fase interferométrica, requer vários refletores instalados na área de interesse. Logo, com a finalidade de reduzir o número de refletores a serem instalados como pontos de controle, e por consequência, reduzir os custos do projeto, O método de calibração da fase interferométrica desenvolvido por Mura (2000), denominado de autocalibração, está sendo adotado. Esse método tem por finalidade a determinação automática do *offset* da fase interferométrica sem o uso de refletores (Correia, 2011).

Neste sentido, Correia (2011), explica que a adoção desse método permitiu o emprego dos refletores apenas como pontos de controle planialtimétrico (georreferenciamento) e não mais como pontos necessários para a realização do processo de calibração da fase interferométrica.

A técnica de imageamento InSAR, com uso do método de autocalibração de fase interferométrica, tem sido empregada pela DSG desde 2008, através do Subprojeto Cartografia Terrestre, conhecido como “Projeto Radiografia da Amazônia” e do Projeto de Mapeamento do Estado do Amapá.

O Projeto de Mapeamento do Estado do Amapá tem por finalidade complementar o mapeamento do “vazio cartográfico” da Amazônia Legal com a meta de mapear um total de 150.000 km² do estado, além de prover as condições necessárias à aplicação da gestão do estado e municípios em todas as áreas cujas influências trazem como pré-requisitos a aplicação de dados geoespaciais e, fazer da Base Cartográfica Contínua o elemento fundamental do plano de gestão de informações do Amapá.

O Processo de Produção cartográfica para geração de produtos geoespaciais empregada no referido Projeto pode ser dividida nas fases de Reconhecimento Aéreo, Determinação de Estações de Referência, Pré-Sinalização de Voo, Aerolevantamento SAR, Aquisição, Validação, Edição, Auditoria dos Produtos e Carga no Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx).

A fase de Pré-sinalização do Voo por Radar é apresentada neste trabalho, a qual tem o papel de determinar com alta precisão as coordenadas planialtimétricas dos vértices dos refletores de canto com o objetivo de serem empregados como pontos de controle no processamento das imagens SAR.

O trabalho de Rosa et al. (2017), apresenta a capacidade de aplicação da tecnologia de imageamento InSAR com dados de interferometria de banda P diferencial para detectar a variação do nível d'água abaixo das copas das árvores. Esses dados relacionados à identificação de manchas de inundação revelam o potencial dessas observações para o monitoramento de áreas inundadas.

Portanto a abordagem adotada nesse trabalho pode ser potencialmente aplicada no estudo do bioma Pantanal, considerando que esse bioma corresponde a uma planície de inundação periódica conhecida pela sua alta biodiversidade e pela grande extensão de áreas úmidas (Alho, 2005).

² Dispositivo utilizado para receber e concentrar o sinal eletromagnético enviado pelo sensor, evitando o retroespalhamento, tendo como resposta o retorno ao sensor das potências das ondas eletromagnéticas nas suas amplitudes máximas, permitindo a identificação de sua posição em termos de linha e coluna (*pixel*) na imagem digital de amplitude com precisão de *subpixel* (VIEIRA, M.S, 2015).

2. Objetivo

Este artigo se propõe a apresentar a Metodologia para colocação de refletores de canto (*corners reflectors*) na fase de Pré-sinalização do Voo por Radar e suas principais características no suporte à aquisição de imagens SAR a partir de sensores aerotransportados.

3. Material e Método

3.1 Área de Estudo

A faixa de imageamento com largura de 14 km (direção radial) e com comprimento de até 220 km (direção azimutal) é denominada de *set track*. Nela, os nove refletores foram instalados previamente ao voo, constituindo o *set corner 10*, localizado em São Joaquim do Pacuí distrito do município de Macapá no Estado do Amapá (**Figura 1**), sendo esta a área de estudo desse trabalho.

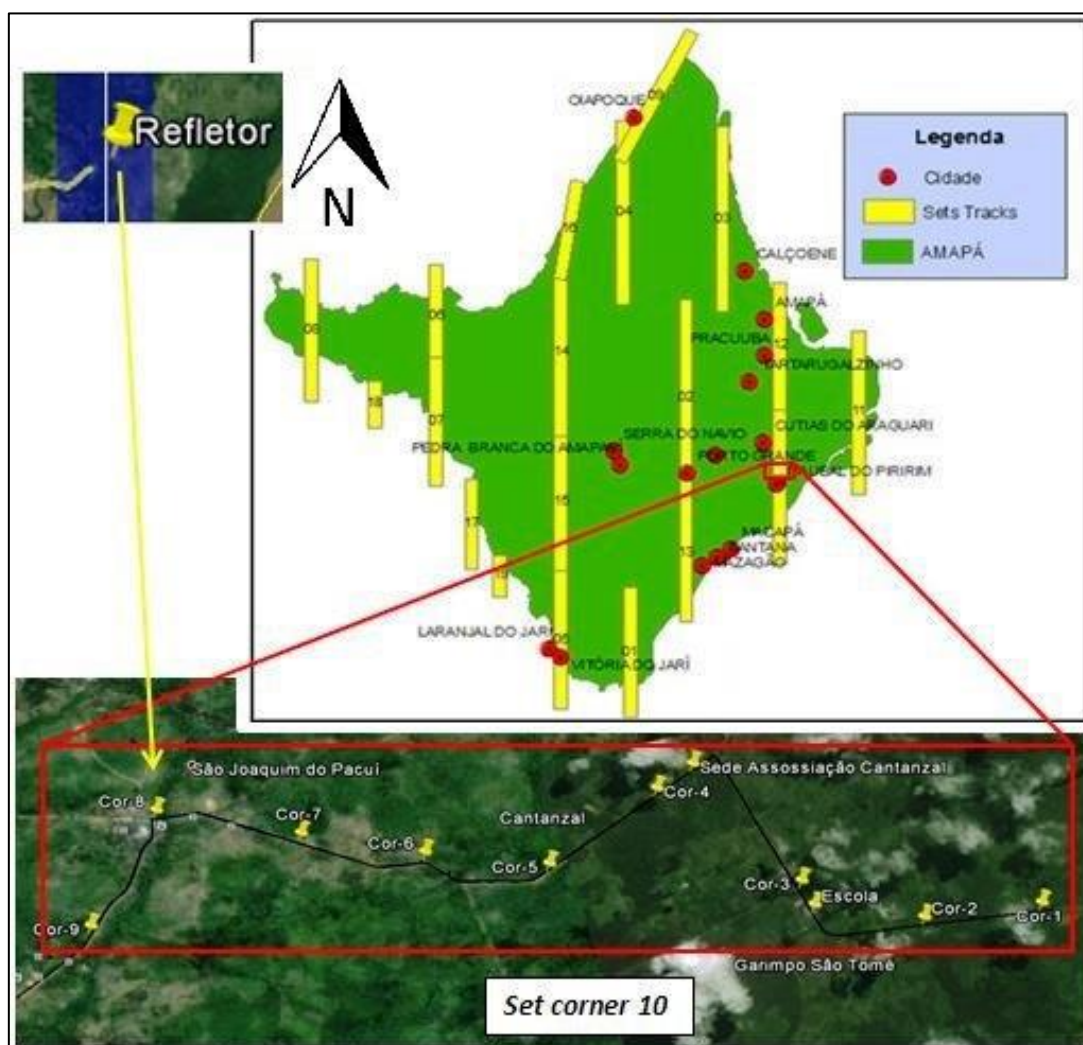


Figura 1 – Distribuição dos *Sets Tracks* e *Set Corner 10*. Fonte: Coordenação Técnica do Projeto, 2015.

3.2 Metodologia de Trabalho

A fase de Pré-sinalização do Voo por Radar que consiste na implantação e medição dos refletores de canto é detalhada através do fluxograma da **Figura 2**.

As etapas relacionadas diretamente na fase de Pré-sinalização são: a fase de Reconhecimento Aéreo, Aerolevanteamento e Processamento SAR. A fase de Reconhecimento Aéreo tem por finalidade a escolha dos prováveis locais para instalação dos refletores de canto. Os principais critérios para escolha do local são a ausência de cobertura vegetal densa (por exemplo, uma região de solo exposto ou gramado) e a possibilidade de acesso por via fluvial ou terrestre.

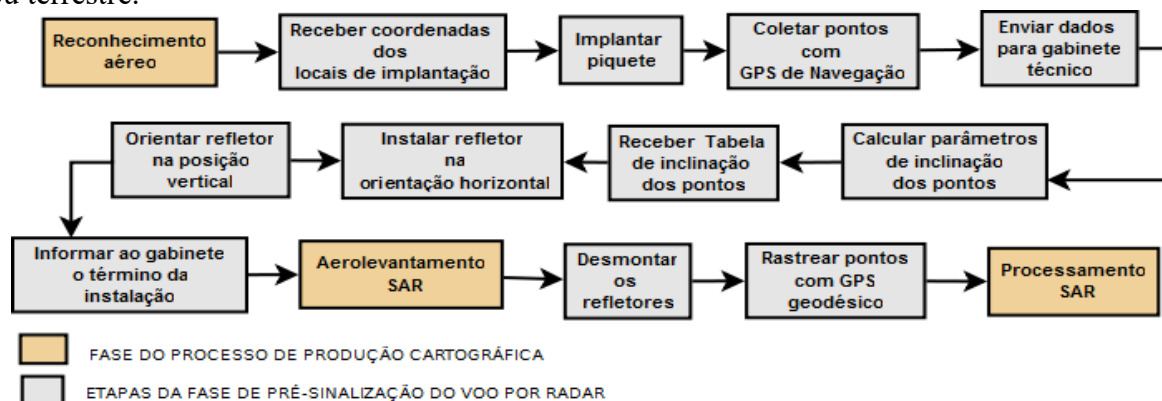


Figura 2 – Fluxograma da fase de Pré-sinalização do Voo por Radar

Fonte: Autoria própria, 2018.

3.3 Instalação dos refletores de canto

A implantação dos refletores permite a identificação de sua posição em termos das coordenada cartesiana do ponto, (P_x, P_y, P_z) e de linha e coluna (*pixel*) na imagem SAR. Essa implantação consiste da determinação de alta precisão, por medição GPS, das coordenadas planialtimétricas do vértice de nove refletores de canto triédricos, formados por triângulos de alumínio com lados medindo 1,41m, 1,41m e 2,00m, que são instalados previamente ao voo com o objetivo de serem empregados como pontos de amarração para verificação do georreferenciamento das imagens interferométricas (**Figura 3**).

Esses nove refletores, que constituem um *set* de *corners* (SC), são instalados em locais sem vegetação, a intervalos de 300 a 1.200 m ao longo da direção radial de voo, e dispostos, em média, a cada 120 km ao longo da linha de voo. Para este trabalho será mostrado o procedimento usado na instalação dos refletores do *set corner* 10 – SC10.



Figura 3 – Refletor destacado como ponto de amarração

Fonte: Coordenação Técnica do Projeto, 2015.

Os trabalhos de campo se iniciam após o reconhecimento aéreo, quando a coordenação técnica informa à equipe de campo os possíveis locais de implantação dos refletores. Em seguida, a equipe desloca-se até o local pré-determinado e escolhe a posição para instalação, implantando um piquete e coletando suas coordenadas com receptor GPS de navegação.

Os pontos coletados são enviados para a base de operação por meio de equipamento de transmissão de dados e voz via satélite. Com essa primeira coleta, além da posição aproximada do refletor de canto, é possível saber a altitude média da região e, com base nesses dados, calcular os ângulos de inclinação de cada refletor.

Na **Tabela 1** é apresentado a Tabela de Referência da Inclinação (TRI) com os ângulos de inclinação para a correta orientação de cada refletor. Esta tabela é enviada pela coordenação técnica para que a equipe de campo possa iniciar a instalação propriamente dita dos refletores.

Tabela 1: Extrato da Tabela de Referência da Inclinação do SC-10.

Corner Number	Group ID	Assigned to track number	Horizontal Orientation	Vertical Mount Angle	Horizontal Orient.Range		Coordinates	
					Min	Max	Easting	Northing
1	CO10-01	10	90.0	33.1	0.0	360	50°39'42,78"	0°46'22,99"
2	CO10-02	10	90.0	22.2	0.0	360	50°40'32,35"	0°46'30,14"
3	CO10-03	10	90.0	14.8	0.0	360	50°41'13,27"	0°46'58,19"
4	CO10-04	10	90.0	8.3	0.0	360	50°41'57,61"	0°47'51,46"
5	CO10-05	10	90.0	2.9	0.0	360	50°42'43,41"	0°47'30,45"
6	CO10-06	10	90.0	0.0	0.0	360	50°43'28,09"	0°47'46,77"
7	CO10-07	10	90.0	0.0	0.0	360	50°44'11,64"	0°48'07,31"

Fonte: Coordenação Técnica do Projeto, 2015.

Para ajudar na orientação do refletor móvel é preciso seguir os valores da tabela como referência da inclinação que deve ser aplicada no refletor. Alguns procedimentos devem ser adotados para a instalação de forma correta, de maneira que o refletor montado seja visível ao imageamento feito pelo RADAR aerotransportado.

Para montagem do refletor móvel devem ser seguidos os seguintes procedimentos:

- Abrir as três placas de alumínio, de acordo com a posição das dobradiças (**Figura 4a**).
- Fixar nas placas de alumínio os suportes de fixação dos bastões (**Figura 4b**), utilizando-se os furos de orientação das placas.
- Virar a parte extrema da pirâmide (ponto de encontro das três placas) para baixo e colocá-la em cima do ponto topográfico na base de apoio. Feito este procedimento inicia-se a orientação horizontal.



(a)



(b)



(c)

Figura 4 - a) posição das dobradiças b) suporte de fixação c) refletor sendo orientado horizontalmente. Fonte: Coordenação Técnica do Projeto, 2015.

A orientação horizontal do refletor móvel deve estar de acordo com a linha de voo da aeronave, sendo, neste caso, no sentido norte-sul. Portanto, a parte interna do refletor deve ficar voltada para o leste (**Figura 4c**), direcionada para o azimute de 90° em relação ao norte geográfico. Para isso, utilizou-se uma bússola para a orientação, acrescentando-se a declinação magnética (20° para região do Amapá).

Após orientação horizontal do refletor, os bastões de fixação no solo foram utilizados (**Figura 5a**), passando-se por dentro dos suportes de fixação, para manter o refletor móvel numa posição firme e permitir o nivelamento vertical.

Para a orientação do refletor na posição vertical, utilizou-se o nível de bolha digital (**Figura 5b**) medindo-se o ângulo de inclinação do refletor de canto, aplicando o ângulo “*vertical mount*” da TRI (**Tabela 1**). O refletor é inclinado em ambos os lados (**Figura 5b**) até atingir o ângulo desejado. Por exemplo, para o *corner* COR05 o ângulo foi de $2,9^\circ$, conforme a TRI.



(a)

(b)

Figura 5 – a) Bastão de fixação no solo através do suporte de fixação e b) Nivelamento vertical. Fonte: Coordenação Técnica do Projeto, 2015.

Após a montagem, verifica-se novamente o refletor quanto à posição horizontal, pois pode ocorrer a necessidade de reajuste caso saia do centro do ponto, em seguida devem ser tiradas fotos para que compoñam o Formulário de Monografia de Vértice e Instalação do Refletor.

Com os refletores instalados o técnico informa à equipe de coordenação o término da instalação para que o voo possa ser autorizado. Como a tecnologia empregada envolve o sistema ativo para coletar informações, não há necessidade de o voo ter horário pré-estabelecido, ou seja, pode ser feito a qualquer hora do dia ou da noite.

Caso a realização do voo não seja feita no mesmo dia da instalação dos refletores a equipe deve realizar ronda na área de instalação, pois, caso haja a passagem do avião e os refletores

tenham sido por algum motivo, movimentados dos seus locais de origem, o custo do projeto sofrerá reajuste para novos planos de voo.

Salienta-se que para instalação dos refletores em regiões alagadas, como é o caso do pantanal, é possível a utilização de plataformas aquáticas, cujo processo de implantação foi testado e aprovado em projetos de referências como o Projeto Radiografia da Amazônia (DSG, 2014), conforme **Figura 6**.



Figura 6 – Refletor instalado sobre uma plataforma aquática
Fonte: Correia, 2011.

Após a instalação dos refletores, inicia-se a fase do Aerolevante SAR, que se destina a execução do imageamento SAR.

De acordo com Correia (2011), esse procedimento de voo compreende as seguintes etapas: na primeira, com a finalidade de possibilitar o georreferenciamento das imagens SAR das faixas Leste-Oeste, são voadas as faixas de imageamento na direção norte-sul (**Figura 7a**), com largura de 14 km (direção radial) e com comprimento de até 220 km (direção azimutal), que engloba os refletores que foram instalados previamente ao voo; na segunda, são voadas as faixas na direção Leste-Oeste (**Figura 7b**), com largura radial de 14 km e com comprimento de até 180 km, que recobrem toda a área a ser mapeada.

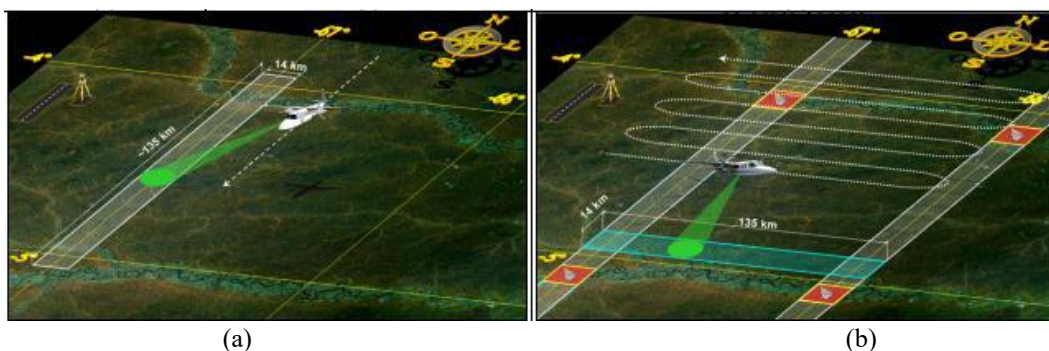


Figura 7 – a) Sinalização do voo RADAR e imageamento nas direções Norte-Sul e b) Leste-Oeste. Fonte: Correia, 2011.

3.4 Procedimentos para medição dos pontos onde são instalados os refletores

Após o voo, a equipe de campo é autorizada a desmontar os refletores e iniciar a fase de rastreamento dos vértices com receptor GNSS geodésico de dupla frequência, seguindo as orientações técnicas necessárias para o processamento das imagens.

Essas orientações definem como *datum* horizontal o sistema geodésico SIRGAS 2000, considerando todas as altitudes elipsoidais, sobre o sistema WGS 84, utilizando o elipsoide GRS80. O transporte de coordenadas e o ajustamento da base devem ser feitos utilizando como base as estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

No *set corner* SC10 implantou-se uma base de apoio dentro da área de instalação dos refletores. Esta base foi implantada para diminuir o comprimento da linha de base e o período de ocupação e rastreamento das estações *rovers*.

Com a base implantada inicia-se o rastreamento dos nove pontos (*rovers*) onde foram montados os refletores, foi usado o método de posicionamento relativo estático, portanto, devido à implantação da base o tempo de rastreamento das sessões ficou entre 25 a 40 minutos para cada ponto.

Com o término da etapa de aerolevanteamento, os dados SAR obtidos juntamente com os dados de campo são encaminhados para a etapa de processamento dos dados brutos SAR.

3.5 Processamento dos dados SAR

Na primeira etapa do processamento SAR, a partir dos dados brutos de RADAR, são gerados pares de imagens do tipo *single look complex* (SLC) monopolarizadas, na banda X (polarização HH), e multipolarizadas, na banda P (HH, HV e VV - a primeira letra refere-se à polarização da radiação transmitida e a segunda à polarização da radiação recebida pela antena). Com base nessas imagens complexas são geradas as ortoimagens SAR, as imagens de coerência interferométrica, os Modelos Digitais de Superfície – MDS e do Terreno – MDT, que representam as variações altimétricas, respectivamente, no nível da copa das árvores (banda X) e no nível do solo (banda P), mesmo em áreas de floresta densa.

4. Resultados

Os dados produzidos pela equipe de campo devem estar devidamente detalhados nos seguintes documentos: Relatório Técnico, Formulários de Monografia de Vértice e Instalação de Refletor, Relatório de Processamento da Linha de Base e Relatórios de Processamento dos Vértices.

O Relatório Técnico (RT) tem como objetivo a apresentação da sistemática empregada na implantação do *set corner* e do levantamento GNSS dos vértices, assim como outras informações julgadas relevantes no transcorrer dos trabalhos.

No RT devem constar também as equipes que executaram o reconhecimento, implantação de refletores e o rastreamento, o período de execução de cada atividade e as especificações dos equipamentos utilizados.

O Formulário de Monografia de Vértice e Instalação de Refletor deve ser preenchido para cada refletor de canto, informando a equipe responsável, os ângulos de inclinação e a sua localização, com fotografias que comprovem os dados informados.

O Relatório de Processamento da Linha de Base informa qual a base da RBMC foi utilizada, o tempo de rastreamento, as coordenadas ajustadas, as precisões horizontal e vertical, além das especificações do método de processamento, software e equipamentos utilizados.

Os relatórios de Processamento dos Vértices são gerados para cada refletor. Eles utilizam a base implantada na região do *set corner*. Semelhantemente ao Relatório de Processamento da Linha de Base, devem ser informados todos os dados de rastreamento e ajustamento para o cálculo das coordenadas do ponto.

A **Tabela 2** apresenta as coordenadas, o tempo de rastreamento, a precisão horizontal e vertical para a base e os nove refletores de canto do *set corner* 10.

Tabela 2: Resultados das coordenadas processadas dos refletores de canto.

Vértice	Longitude	Latitude	Altura (m)	Tempo de rastreamento	Precisão Horizontal (m)	Precisão Vertical (m)
Base.	O50°43'19,56829"	N0°47'40,06927"	-13,03	05:13:35	0,013	0,050
COR1	O50°39'42,64988"	N0°46'22,91061"	-7,432	00:29:40	0,011	0,014

COR2	O50°40'32,32745"	N0°46'30,05346"	-5,204	00:31:25	0,008	0,011
COR3	O50°41'13,17225"	N0°46'58,14602"	-4,281	00:32:10	0,008	0,010
COR4	O50°41'57,56021"	N0°47'51,41103"	-4,677	00:22:55	0,006	0,010
COR5	O50°42'43,34447"	N0°47'30,41870"	-5,580	00:26:05	0,005	0,007
COR6	O50°43'28,02492"	N0°47'46,72421"	-5,611	00:24:55	0,004	0,007
COR7	O50°44'11,59683"	N0°48'07,23133"	-3,635	00:30:05	0,005	0,015
COR8	O50°45'00,55602"	N0°48'30,07228"	-14,95	00:24:35	0,007	0,015
COR9	O50°45'36,69469"	N0°47'50,88424"	-6,057	00:28:40	0,007	0,015

Fonte: Coordenação Técnica do Projeto, 2015.

Os valores negativos para altura se justificam devido à altura ser em relação ao elipsoide de referência (altura geométrica). Para a determinação da altitude ortométrica que tem como referência o geóide (superfície equipotencial do campo de gravidade no nível médio dos mares), é necessário calcular a ondulação geoidal, sendo esta a diferença entre as superfícies geoidal e elipsoidal.

4. Considerações finais

As principais justificativas e a importância do desenvolvimento deste trabalho baseiam-se na necessidade de registrar as técnicas e métodos utilizados na elaboração da base cartográfica do Estado do Amapá. Assim este artigo apresentou o procedimento técnico adequado para o apoio terrestre através de instalação de refletores e obtenção de pontos de apoio para parâmetros usados no processamento das imagens InSAR nas bandas X e P.

Com essa tecnologia uma série de informações podem ser obtidas, como densidade e volume da floresta, a detecção de mudanças (desmatamento e macrófitas) em áreas de vegetação nativa e a detecção de áreas inundadas tanto em áreas abertas como em áreas de mata fechada (características predominante no Pantanal e na Amazônia) (Rosa et al., 2017), o cálculo da quantificação de carbono, de biomassa, o crescimento de erosões, deslizamentos de terra e demais dinâmicas do uso do solo e outras interferências (Brito, 2013).

Essas informações configuram-se em pré-requisitos fundamentais para implementação de gestões públicas multidisciplinares de apoio à tomada de decisões por parte das autoridades competentes.

As metodologias de aerolevante SAR e de apoio de campo apresentada neste artigo vêm sendo utilizadas com sucesso pela DSG, no contexto do Projeto Radiografia da Amazônia e Projeto de Mapeamento do Estado do Amapá.

O método de calibração de fase utilizado nesses projetos é utilizado porque reduz significativamente o número de pontos de controles a serem instalados no decorrer do projeto, garantindo também uma redução dos custos operacionais do Projeto.

Os pontos de controle se destacam de forma brilhante em imagens de radar devido à utilização dos refletores de canto, os quais possuem a configuração geométrica mais favorável para esta situação.

Salienta-se ainda que o uso dessa técnica de instalação de refletores de canto dispostos ao longo da faixa do *set corner*, também é utilizado por ocasião dos testes de avaliação da calibração e validação dos dados.

Por fim, a metodologia relatada neste artigo pode ser aplicada em diferentes biomas brasileiros. No entanto, as técnicas tanto na fase de Pré-sinalização do voo como nas outras fases de mapeamento por radar encontram-se em constante desenvolvimento, sendo um campo vasto para pesquisa e colaboração por parte da comunidade científica.

6. Referências Bibliográficas

- Alho, C. J. R. **Conservação da Biodiversidade da Bacia do Alto Paraguai**. Campo Grande: UNIDERP, 2005. 420p.
- Correia, A.H. **Metodologias e Resultados Preliminares do Projeto Radiografia da Amazônia**. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Curitiba. **Anais...**Curitiba: INPE, 2011. p.8083-8090.
- Curlander, J.C.; Macdonough, R. N. **Synthetic aperture radar - System and signal processing**. New York: John Wiley & Sons, 1991.
- Diretoria De Serviço Geográfico. **Caderno de Encargos, Geração da Base Cartográfica Contínua do Estado do Amapá-AP**. Manaus-M, 28 de Abril 14.
- Mura, J. C. **Geocodificação automática de imagens de radar de abertura sintética interferométrico: sistema Geo-InSAR**. Tese (Doutorado) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.
- Passos, J.B.; **Procedimento para o apoio de campo na elaboração da base cartográfica digital contínua do Estado do Amapá**. Monografia (Graduação) – Escola Superior de Tecnologia – UEA, Manaus, 2015
- Shimada, M.; Watanabe, M.; Rosenkvist, A.; Tadono, T. **Palsar Calibration and validation - 2005 update**. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, p. 3365-3368, 2005.
- Vieira, M.S.; **Base cartográfica contínua do estado do Amapá**. In: Revista Digital Simonsen. Rio de Janeiro, n.3, Nov. 2015. Disponível em: < www.simonsen.br/revistasimonsen> Acesso em: 21 abr. 2018
- Rosa, R. A. S.; Nogueira, J. B.; Lázaro, J. M.; Moreira, J. R. **Uso de Radar de Abertura Sintética Aerotransportado para Monitoramento de Impactos Ambientais**. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva 6 a 9 de novembro de 2017, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 512-516.