



## O método GPR aplicado à arqueologia no município de Gurupá-PA.

Karolina Almeida Correia (FaGeof/UFPA)\*, Marcos Welby Correa da Silva (CpGf/UFPA), Fernando Luiz Tavares Marques (MPEG).

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited

### Abstract

**In this work we used the GPR method to investigate new archaeological areas in Gurupá city in order to identify and locate artifacts of population who occupied the archipelago of Marajó before the arrival of the European colonizers. We used the GSSI system with a 400MHz antenna to acquire 90 profiles. Then we processed the data using a Reflexw software. This study aims to contribute to unveil the cultural history and environmental aspects of that people placing the city of Gurupá in the temporal and spatial context in the Lower Amazon region.**

### Introdução

Desde o século XIX o arquipélago do Marajó-PA tem sido uma referência para estudos de povos amazônicos que habitaram a região muito antes da colonização europeia. Pesquisas arqueológicas apontam que vestígios materiais de culturas milenares ainda podem ser encontradas e estudadas nessa região.

A prospecção arqueológica utilizando métodos geofísicos tem se mostrado bastante eficaz, pois sua abordagem é não destrutiva e principalmente por identificar artefatos arqueológicos devido as propriedades físicas que esses objetos possuem (NISHIMURA,2005). Logo é comum a integração entre as ciências da terra(Geofísica) e as ciências arqueológicas e antropológicas afim de obter melhores informações e um estudo mais metucioso sobre locais de interesse para história da Amazônia.

O método GPR na arqueologia, teve início ainda na década de 70 com os estudos de Bevan e Kenyon (1975 *apud* Jol, 2009) e Kenyon (1977), esta metodologia cresceu nas décadas de 1980 e 1990 devido aos avanços na metodologia para esta finalidade (VAUGHAN, 1986).

Feições arqueológicas como solos de ocupação, urnas e dutos enterrados, produzem padrões nos registros do sinal de GPR bem característicos e podem ser distinguidos dos padrões associados ao material naturalmente depositado durante os processos geológicos. Dentre estes destacam-se as descontinuidades laterais, causadas normalmente pelo revolvimento do subsolo durante os enterramentos, e as formas hiperbólicas (GOUVÊA,2010).

Neste trabalho tivemos como objetivo de tentar identificar artefatos e edificações pré-coloniais delimitando novas áreas para possíveis escavações nesta região, em parceria com o projeto "OCA" ,Origens, Cultura e

Ambiente do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) foram realizados três levantamentos com o método GPR, no Sítio Jacupi , no Forte Santo Antônio de Gurupá e em Gurupá-Miri.

### Localização e Caracterização da Área de Estudo

O município de Gurupá está localizado na confluência do rio Xingu com o delta do rio Amazonas (Figura1). Possui uma área de 8.540 km<sup>2</sup> e uma população de cerca de 25 mil habitantes. Limita-se ao norte com o Estado do Amapá e município de Afuá, ao sul com os municípios de Melgaço e Porto de Moz, a leste com Afuá, Breves e Melgaço, e a oeste com o Amapá e municípios de Porto de Moz e Almeirim.

Na primeira campanha foram feitas as medidas no Sítio Jacupí na área metropolitana e no Forte de Santo Antônio de Gurupá que fica no centro cidade nos dias 09 e 12 de Julho de 2015.

No sítio Jacupí, situado as margens do rio Jacupi era um local indicado por vários moradores como antiga aldeia indígena onde se encontra restos de esqueletos humanos em urnas funerárias, o sítio se encontra em uma região de elevada TPA (Terra Preta Antropogênica) o que sugere intensa ocupação humana (SCHAAN,2010). Como o sítio já era uma zona em potencial a ser explorada o uso de GPR foi feito afim de confirmar e localizar pequenas áreas para escavações.

Nos documentos históricos que relatam as ocupações europeias no município encontra-se informações sobre o Forte de Santo Antônio de Gurupá que foi construído por holandeses quando a região ainda não era controlada totalmente por portugueses onde ainda existia o comércio com os indígenas e informações de moradores bastante antigos indicaram a existência de um possível foço ao redor do forte o que é típico de construções holandesas, logo o GPR foi utilizado para e localizar em profundidade essa estrutura, além de contribuir para encontrar mais indícios de ocupações ao redor do Forte.

Na segunda campanha realizada entre os dias 06 e 09 de Setembro de 2016, foram feitas coletas em grande parte do povoado de Gurupá-Miri que é uma comunidade remanescente de quilombolas, onde os levantamentos ocorreram em 9 áreas como mostra a Figura1.

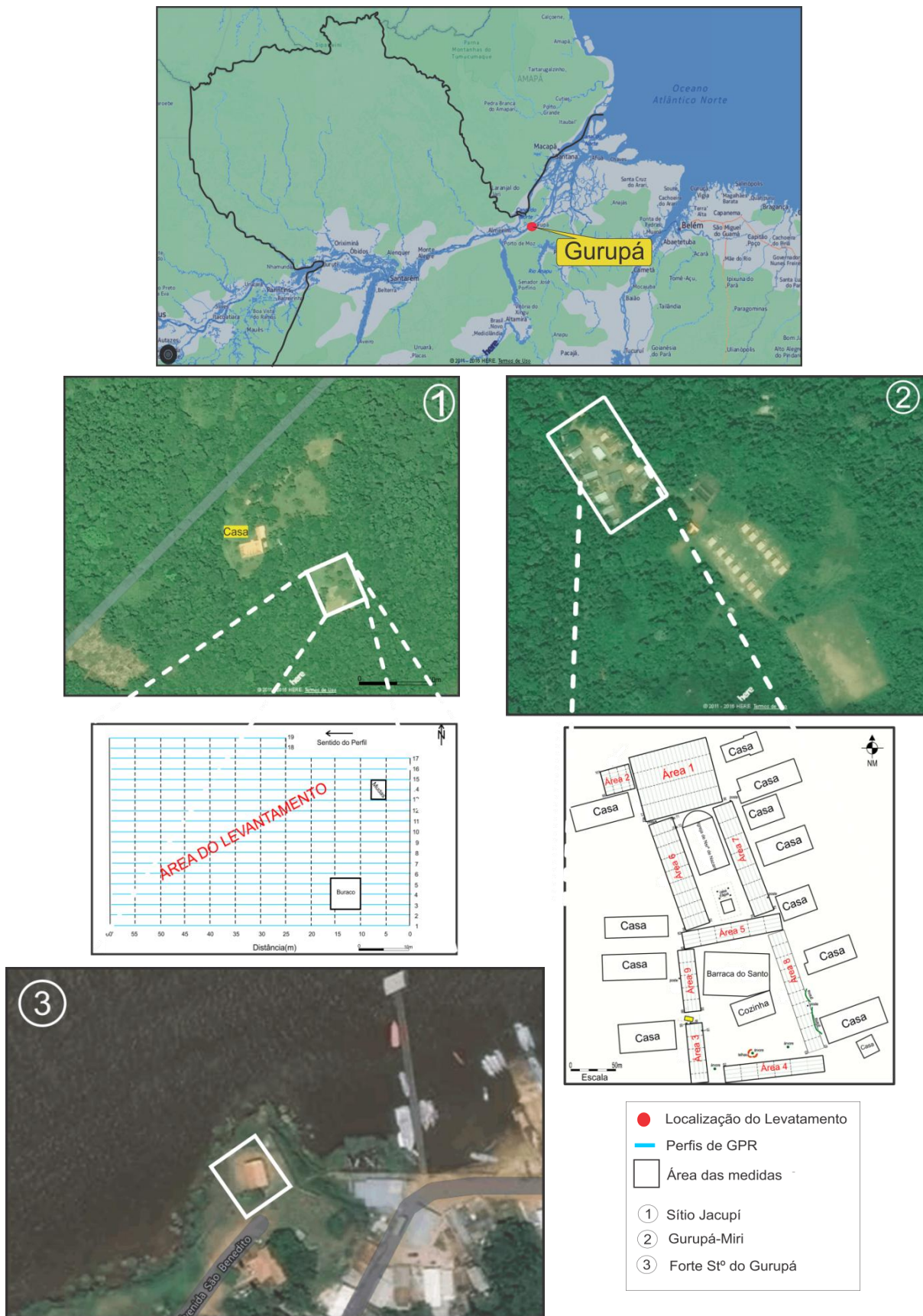


Figura 1 - Mapa da Localização de Gurupá e adjacentes e como os levantamentos foram dispostos na região.

## Metodologia

O GPR (*Ground Penetration Radar*) é um método eletromagnético que utiliza ondas eletromagnéticas em frequências pré-definidas que vão de 10 a 2500 MHz para localizar estruturas, feições geológicas ou objetos enterrados em sub-superfície.

O método consiste no princípio de transmissão e reflexão de ondas eletromagnéticas então sua fundamentação teórica baseia-se nas equações de Maxwell, que descrevem o comportamento dos fenômenos eletromagnéticos.

Para que o levantamento tenha resultados satisfatórios no ramo da arqueologia é necessário que a escolha de parâmetros como a frequência da antena, tempo de amostragem e espaçamento de cada perfil sejam estabelecidos corretamente de acordo com a geologia local e observando como o sinal do GPR se comporta no meio.

Em todas as aquisições foi utilizada a antena de 400Mhz biestática blindada utilizando o sistema SIR-3000, produzido pela *Geophysical Survey Systems, Inc (GSSI)*, o levantamento foi o *common offset* (afastamento comum), a janela de tempo usada no sítio Jacupi e em Gurupá-Miri foram de 80ns e a utilizada no Forte Santo Antônio de Gurupá foi de 100ns..

Após a aquisição das seções de GPR os dados foram processados no *software Reflexw-Win7.0* seguindo a rotina de processamento : 1) Interpolação das marcas horizontais 2) Correção Estática (set time zero) 3) Aplicação de Ganho Manual na direção Y 4) Filtros 1-D PassaBanda (Butterworth,Frequency), Dewow 5) Filtragem F-k ,que teve como finalidade editar os traços , realçar as reflexões importantes, para o estudo da arqueologia e atenuar ruídos de alta e baixa frequência.

A velocidade média do meio foi aproximada para 0,09m/ns no Sítio Jacupi e no Forte da cidade, já a velocidade média em Gurupá-Miri foi aproximada para 0,07m/ns, essa diferença de velocidade é explicada pelo fato de que no Sítio Jacupi e em algumas áreas do Forte a camada de Terra Preta não sofreu tanto com a erosão e perturbações humanas e acaba contribuindo para que a velocidade aumente em relação a velocidade de Gurupá-Miri, onde a camada de TPA já foi completamente extinta devido a ações humanas no centro da vila e a camada mais superficial do solo é vista como sendo um silte argiloso claro, ambas as velocidades foram estimadas a partir de superposição das várias hipérbolos encontradas nos perfis adquiridos no campos e no *software* com análise destas hipérbolos foi possível fazer a conversão do tempo em profundidade, e confirmadas a partir da Tabela 1 com as velocidades aproximadas de meios de propagação.

	$\epsilon_r$	$\sigma(ms/m)$	$v(m/ns)$
Ar	1	0	0,30
Água Doce	81	0,5	0,03
Folhelho	5 – 15	1 – 10	0,09
Siltito	5 – 15	1 – 100	0,07
Argila	5- 40	1 - 1000	0,06

**Tabela 1** - Permissividade relativa, condutividade elétrica e velocidade da onda eletromagnética em materiais geológicos Adaptado de ANNAN (2001).

## Resultados

### Sítio Jacupi

Foram feitos 19 perfis paralelos sendo os 17 primeiros com 60 metros e os 2 últimos com 35 metros devido a irregularidades na área, o espaçamento entre as linhas é de 1 metro como exemplificado na Figura 1. Analisaremos neste trabalho duas linhas (L1, L15), que se destacaram pelo fato de estarem relacionadas à montículos de terra preta possivelmente associados a ocupação antropogênica. Nos perfis apresentados neste artigo, assim como (FURTADO, 2013) observou-se três tipos de padrões importantes para a arqueologia: a) do tipo vale, que geralmente são cavidades preenchidas com sedimentos b) descontinuidades: causadas pela interrupção da continuidade da camada horizontal c) padrões hiperbólicos que indicam a presença de objetos pontuais. Na L1 que possui 60 metros de comprimento, na distância entre 28 e 34 observado na Figura 2 há uma concentração de padrões anômalos hiperbólicos que chegam até 70 cm de profundidade que é possível associar a objetos pontuais. No perfil L15 que tem 60 metros de comprimento nas distâncias entre 28 e 32m há uma anomalia bem rasa com um padrão tipo vale, que pode esta ligada com cavidades preenchidas por húmus e esta mesma chega até 1 metro de profundidade.

### Forte Santo Antônio do Gurupá

Na área do Forte realizou-se 7 perfis , 3 na parte externa com 21 metros de comprimento e 4 perfis na parte interna com 8 metros de comprimento.

Afim de investigar um pouco mais sobre a história do Forte da cidade de Gurupá , foram feitos perfis dentro e fora da área em que se encontra o forte, porém o objetivo principal foi investigar a possível presença de um foço aos arredores do muro que cerca o Forte construído no século XIX , o perfil analisado será o Perfil 1 (parte externa) que foi feito perpendicular a estrutura do muro que ainda pode ser observada aflorando. Com 21 metros de comprimento o perfil na Figura 3 é possível verificar uma descontinuidade em relação ao contraste de cores na distância entre 4 e 8 metros em uma profundidade de 1,5m em relação a superfície, e em 11,5m aproximadamente a concentração de possivelmente o que seria o restante do muro que estaria em sub-superfície.

### Gurupá-Miri

No que diz respeito ao levantamento na comunidade quilombola de Gurupa-Miri , foram feitos no total 65 perfis distribuídos em 9 áreas de diferentes tamanhos. Iremos analisar os resultados mais interessantes para relacionar os principais tipos de padrões anômalos para a arqueologia.

Na Área 1 a linha 1 com 16 metros na distância entre 3 e 5 chegando a uma profundidade de 70 cm é possível enxergar padrões em forma de vale e em formato hiperbólico como mostra a Figura 4 , no final do perfil de 13 até 16 m bem superficial enxergamos possíveis hipérbolos e uma pequena mancha há uma profundidade de 20 cm.

A Área 2 se encontra ao lado de uma casa onde moradores relataram que havia vários montículos com ostras e frutos do mar que estavam começando a aflorar em superfície, a linha 5 em com comprimento de 7 metros, evidencia algumas perturbações bem superficiais hiperbólicas na distância 0 até 1m que pode indicar a presença de artefatos pontuais como observamos na Figura 5 e ainda refletores rasos (manchas) com contrastes significativos entre 6 e 7 metros de comprimento. A linha 6 desta mesma área podemos observar um refletor bastante forte em relação ao resto do perfil na distância entre 1,5m e 3m chegando a profundidade de 1,7 m como percebemos na Figura 6, e ainda é possível identificar um padrão anômalo tipo vale no início do perfil e uma anomalia hiperbólica em 6 metros de distância.

Na área 4 a linha 4 (27 metros) foi observado e destacado na Figura 7 diversos padrões anômalos hiperbólicos superficiais que pode ser interpretado como vários objetos pontuais em subsuperfície, na distância entre 9 metros e 18 metros. E um refletor mais profundo (1 metro de profundidade em relação a superfície na distância 21 metros que pode estar relacionado com tubulações.

Na Área 6 a linha 6 (27metros) podemos observar na Figura 8 que na distância entre 1 e 4 metros há descontinuidades rasas e anomalias hiperbólicas mais profundas que chegam até 90 cm de profundidade podendo estar relacionadas com aglomerações de objetos pontuais.

Outra linha interessante é a linha1 (27 metros) da Área 7 na distância 8 m aproximadamente observamos anomalias rasas do tipo vale, e descontinuidades que chegam a profundidade de 60cm e no final do perfil podemos observar o efeito da grama que foi observada em campo. (Figura 9).

### Conclusões

Neste trabalho com as secções de GPR apresentadas foi possível identificar vários padrões anômalos de interesse para o estudo arqueológico na área de Gurupá e adjacentes. No sítio Jacupi os padrões encontrados nos perfis podem indicar a presença de artefatos no local. Na medida feita no Forte Santo Antônio do Gurupá a descontinuidade lateral pode estar relacionada com o foço que há no local onde um dos objetivos nos levantamentos era tentar localizar e dimensionar a estrutura e as perturbações superficiais com o restante muro que está em sub-superfície. Na comunidade quilombola de Gurupá-Miri os resultados nos perfis de GPR correlacionados com informações que os moradores forneceram durante a pesquisa, indicam um grande potencial para o estudo arqueológico da região.

### Agradecimentos

Ao Projeto “OCA” por ter proporcionado a nossa ida para o campo para a aquisição dos dados, ao Departamento de Geofísica da Universidade Federal do Pará por ter nos fornecido o aparelho de GPR e a finalmente a todos os professores, pesquisadores, estudantes e ajudantes que participaram e auxiliaram nas coletas.

### Referências

**ANNAN, A. P.** Ground penetrating radar: workshop notes. Canada: Sensors & Software Inc, 2001. 33 p.

**FURTADO, C.P.Q.** O Método GPR aplicado à arqueologia no Sítio PA-ST-42:Porto de Santarém-Pa-13º Congresso Brasileiro de Geofísica, Rio de Janeiro,Brasil,2013.

**GOUVÊA, J.L.** Metodologia Geofísica aplicada ao estudo arqueológico dos sítios Bittencourt e Jambuaçu, Estado do Pará – Revista Brasileira de Geofísica Vol.28 N°2 São Paulo,Junho 2010.

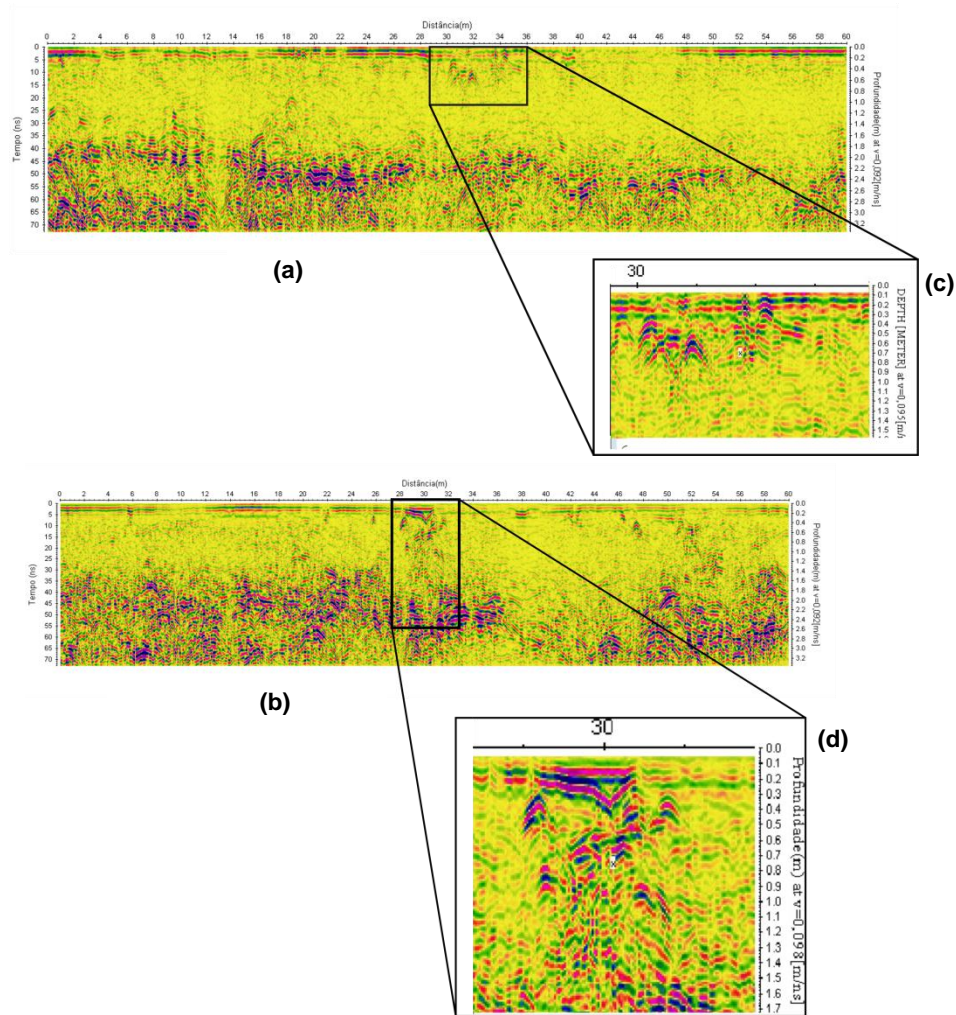
**JOL, H. M.** Ground Penetrating Radar: theory and applications. Amsterdam: Elsevier Science, 2009.

**NISHIMURA, Y.** Archaeological Prospection.1p. (<http://www.nara.accu.or.jp/elearning/2005/archaeoloical.pdf>)

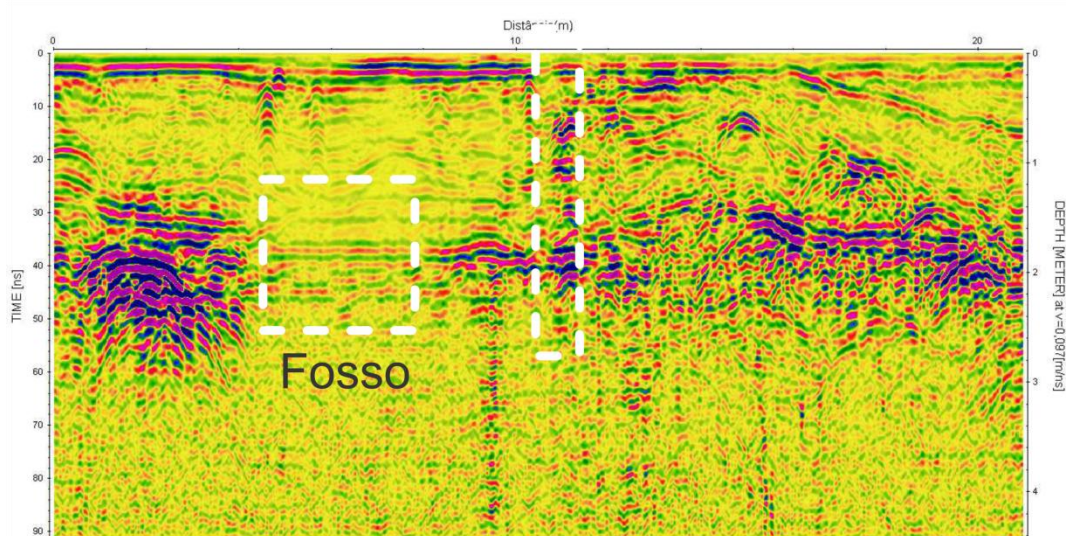
**SANDMEIR, K. J.** Manual do software REFLEXW – version 6.0. Karlsruhe, [s.n.], 2011. 543 p.

**SCHAAN, D.P.** Muito Além dos Campos-Arqueologia e História na Amazônia Marajoara- 1ª Edição Belém,Pará 2010.116 p 120 p.

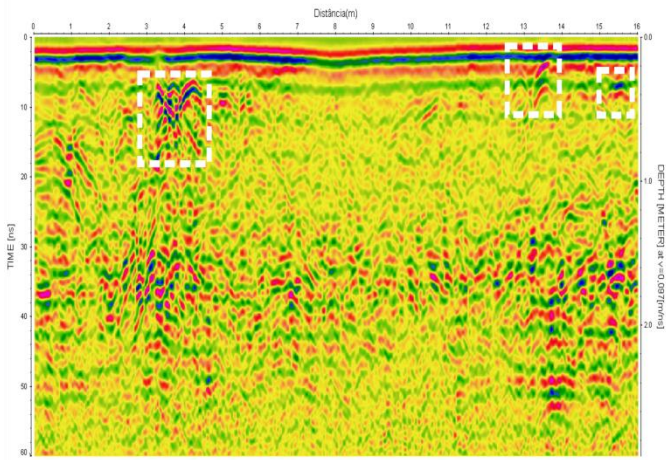
**VAUGHN,C.J.** Ground Penetrating Radar Surveys Used in Archaeological Investigation. Março.1986.



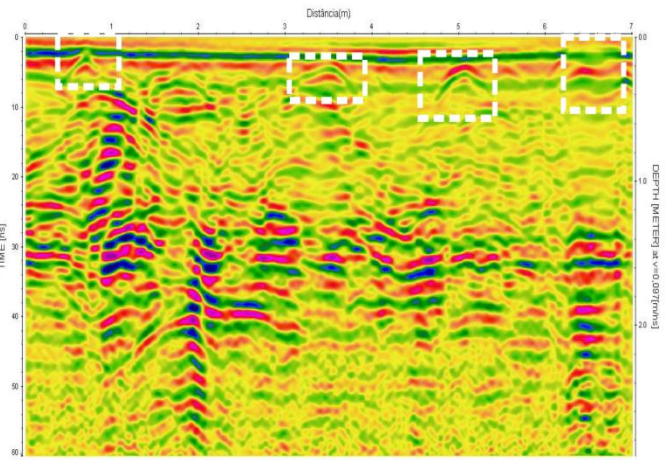
**Figura 2** - Os perfis mostrados em (a) e (b) foram adquiridos na Área 1 no Sítio Jacupí destacando as anomalias (c) e (d).



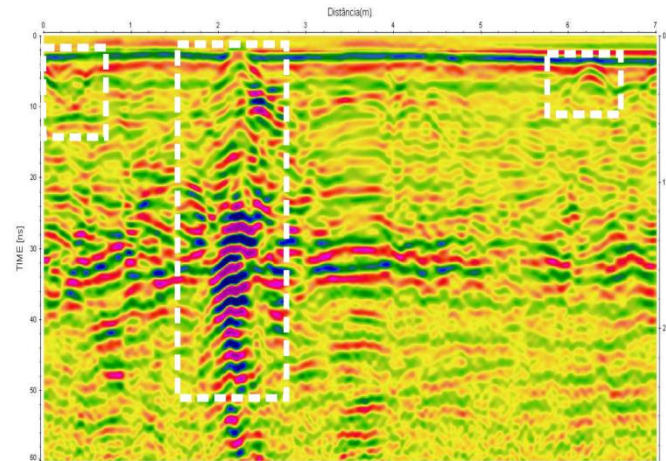
**Figura 3** – Perfil 1 feito na área externa do Forte de Santo Antônio do Gurupá evidenciando as discontinuidades associadas ao foço e ao restante do muro em sub-superfície.



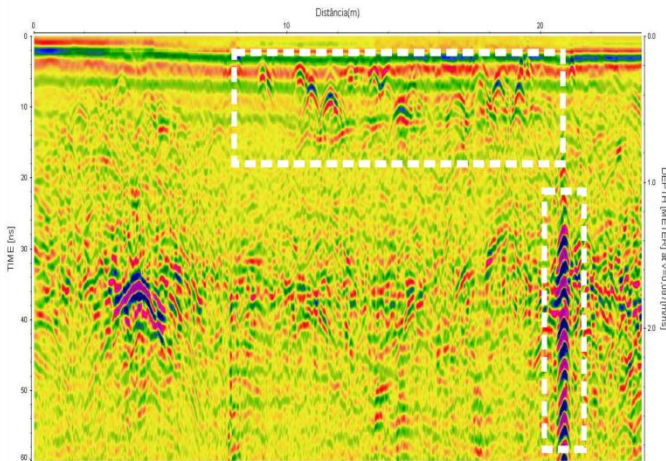
**Figura 4** – Perfil 1 da Área 1 em Gurupá-Miri destacando anomalias tipo vale.



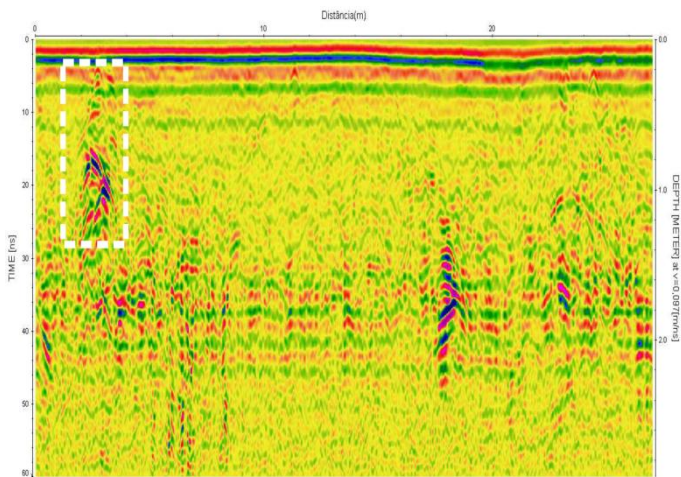
**Figura 5** – Perfil 5 da Área 2 evidenciando padrões hiperbólicos e perturbações superficiais.



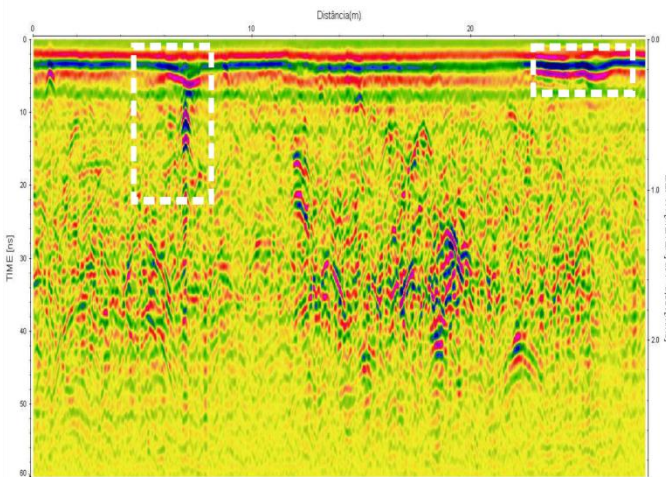
**Figura 6** – Perfil 6 na Área 2 destacando anomalias rasas e profundas.



**Figura 7** – Perfil 4 na Área 4 destacando um conjunto de padrões hiperbólicos.



**Figura 8** - Perfil 4 na Área 6 e uma anomalia destacadas do tipo vale.



**Figura 9** – Perfil 1 na Área 7 destacando anomalia do tipo vale bem superficial e o efeito da grama.