

Universidade Federal de Pelotas
Instituto de Ciências Humanas
Curso de Antropologia



Trabalho de Conclusão de Curso

Geofísica de Sambaquis: O Caso do Morro das Pedras

Aline de Castro Sanchez

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S211g Sanchez, Aline de Castro

Geofísica de sambaquis : o caso do Morro das Pedras /
Aline de Castro Sanchez ; Gustavo Peretti Wagner,
orientador. — Pelotas, 2021.

54 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Antropologia) — Instituto de Ciências Humanas,
Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Geoarqueologia. 2. Sambaqui. 3. Geofísica. 4. Morro
das Pedras. I. Wagner, Gustavo Peretti, orient. II. Título.

CDD : 930.1

Elaborada por Leda Cristina Peres Lopes CRB: 10/2064

Aline de Castro Sanchez

Geofísica de Sambaquis: O Caso do Morro das Pedras

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para o grau de bacharel em Antropologia – Linha de Formação em Arqueologia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas

Data da defesa: 25/11/2021

Banca examinadora:

Prof. Dr. Gustavo Peretti Wagner (orientador)
Doutor em História pela Pontifícia Universidade Católica

Prof Dr. Rafael Corteletti
Doutor em Arqueologia pela Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Rafael Guedes Milheira
Doutor em Arqueologia pela Universidade de São Paulo

Agradecimentos

Fazer esse trabalho foi e tem sido uma verdadeira odisséia, desde quando saí do curso de física em Porto Alegre e me mudei rumo a curso novo, numa cidade completamente nova, gostaria de agradecer algumas pessoas que foram fundamentais para todo esse processo.

Primeiramente aos meus pais, Shirley e Celso, sem o apoio de vocês não teria conquistado nada nessa vida, vocês me deram a base forte com que hoje posso ter a confiança de ir conquistar todos os meus sonhos.

À minha irmã, Bianca, você é a minha pessoa, minha pequena harlot. Aquela que sempre esteve lá em todos os momentos e ainda estará pelo resto da minha vida. Obrigada pelas ameaças para me fazer sentar e escrever e por todos os momentos de risadas e parceria. Ao meu compadre Pedro, você foi um amigo equilibrado na bagunça que o dia a dia pode ser.

Abbott e Piva vocês são os melhores amigos que uma garota poderia ter, cada risada e momento compartilhado com certeza contribuíram para eu não largar tudo de vez. Fabíola e Tamires sem a amizade de vocês Pelotas teria sido insuportável, obrigado pelas loucuras e as fofocas, somos três edificadas.

Ao tio Ivan e a tia Zélia, por me abrigarem em Torres e me levar para expedições no meio da plantação de arroz.

Ao meu orientador Gustavo, que me salvou lá no terceiro semestre e me encorajou a fazer esse trabalho.

À banca, professores Rafael Milheira e Rafael Corteletti, por aceitarem de bom grado esse convite.

Resumo: O litoral do Rio Grande do Sul foi formado há aproximadamente 400.000 anos nas formas que conhecemos hoje em dia, em processos de transgressões e regressões das águas do mar, contudo na última regressão grupos denominados Sambaquieiros começaram a se instalar nessa linha de costa em formação. O objeto de estudo desse trabalho, o sambaqui Morro das Pedras, se encontra no interior da cidade de Torres e apresenta um grande potencial para a pesquisa gearqueológica, através de métodos geofísicos, escolhidos por suas potencialidades para a pesquisa arqueológica.

Palavras-chaves: sambaqui, geofísica, gearqueologia

Abstract: The coast of Rio Grande do Sul was formed approximately 400000 years ago in the ways we know today, in processes of transgressions and regressions of sea waters, however in the last regression groups called Sambaquieiros began to settle on this coastline in formation. The object of study of this work, a shell mound known as Morro das Pedras, is in the interior of the city of Torres and presents a great potential for geo-archaeological research, through geophysical methods, chosen for their potential for archaeological research.

Key words: shell mound, geophysics, geoarchaeology

Sumário

Introdução.....	7
Metodologia.....	8
1. Os sambaquis do Litoral Norte.....	10
1.1 O RS/100 Morro das Pedras: localização e intervenções realizadas.....	12
2. Geomorfologia do Litoral.....	17
3. Geofísica no Sambaqui.....	29
3.1 GPR.....	33
3.2 Sísmica de Refração.....	35
3.3 Sondagem Elétrica Vertical.....	39
3.4 Discussões dos Métodos.....	41
Considerações Finais.....	43
Referências Bibliográficas.....	45

Introdução

Os estudos arqueológicos relacionados aos sambaquis do litoral brasileiro não são novidade no meio acadêmico, tendo registro de montes de conchas próximos a praia por cronistas do séc XVI e gerando um real interesse de estudo a partir do século XIX, com a instituição dos primeiros museus no Brasil. Esses verdadeiros monumentos pré-coloniais são de fatos magníficos, seu tamanho surpreende e suas camadas surpreendem mais ainda, quando olhamos de perto e entendemos as estruturas e materiais usados para construí-los e as escolhas culturais feitas por essas pessoas que há muito sumiram, deixando várias perguntas que instigam curiosidade e estimulam pesquisas. e que os arqueólogos e arqueólogas até hoje empenham-se em responder.

O presente trabalho irá abordar os sambaquis do litoral norte do Rio Grande do Sul sob um olhar geoarqueológico e geofísico. No primeiro capítulo apresentarei uma revisão bibliográfica dos trabalhos já feitos no estado e como esses trabalhos construíram no presente uma imagem no passado, dos sambaquis, dos povos sambaqueiros e como eles estavam na paisagem. Aqui introduzirei o objeto de estudo abordado em maior detalhe no terceiro capítulo, o sítio RS-100, localmente chamado de Sambaqui Morro das Pedras.

No segundo capítulo seguirei com uma revisão da formação da planície costeira do Rio Grande do Sul. De acordo com os trabalhos de Willvock e Tomazzelli (1995), o litoral do estado começou a se formar por volta de 400.000 anos AP e somente há 5.000 anos começou a tomar os moldes da forma que conhecemos. Aqui será possível entender a evolução da paisagem ao longo dos anos, como as paleopaisagens influenciaram na formação, ou melhor, na construção dos nossos sítios arqueológicos e do Morro das Pedras.

No último capítulo será feita uma revisão de três métodos não-invasivos geofísicos que achei apropriado de serem aplicados na pesquisa do Morro das Pedras, são eles: GPR, sondagem elétrica vertical e sísmica de refração. Infelizmente, devido a pandemia, não foi possível a realização de medições de campo, já que ficamos dois anos em casa devido a inaptidão administrativa do país nos obrigando a ficar enclausurados mais tempo do que devíamos.

Ao fazer esse exercício, espera-se compreender quais os melhores métodos para serem aplicados em sítio e quais são capazes de gerar melhores resultados, nos levando a entender previamente como estão dispostas as camadas do sítio, assim é possível projetar um plano de ação de escavação. Para tanto, me propus a revisar alguns dos trabalhos feitos em sambaquis em Torres, compreender a evolução geomorfológica da Planície Costeira, em especial na cidade de Torres e como essa evolução está ligada a ocupação humana no local e, por último, fazer o levantamento de alguns métodos geofísicos, afim de esclarecer se eles são os melhores métodos para o Sambaqui Morro das Pedras.

Metodologia

Um estudo de caso do Sambaqui do Morro das Pedras, no Município de Torres-RS, utilizando de geoarqueologia, para tal, será feito um estudo de caso para o sítio e quais são os melhores métodos para tal. O uso de metodologia geofísica na arqueologia não é recente, tendo uso desde os anos 1970 com o trabalho de Alves (1979).

Foram escolhidos três métodos, que utilizam de diferentes propriedades físicas para “imagear” a subsuperfície. O *Ground Penetrating Radar* (GPR), que seu princípio está baseado em ondas eletromagnéticas emitidas pelo aparelho e captada por uma antena, essas ondas viajam pelo solo e interagem com os materiais e ao fazer isso nos mostra anomalias no terreno ou sítio.

“O sistema GPR pode operar com diversas frequências, cada qual correspondendo a uma antena. A escolha da antena a ser utilizada depende do objetivo do levantamento (dimensões e profundidade do alvo) assim como das condições geológicas locais. Sinais de alta frequência produzem alta resolução com pouca penetração, ocorrendo o inverso para sinais de baixa frequência” (GANDOLFO et al., 2001, p. 255).

Análogo ao GPR, revisaremos a sísmica de refração, seu princípio de funcionamento está relacionado a velocidade das ondas sonoras, que podem ser geradas naturalmente ou artificialmente, a velocidade das ondas está relacionada a um material e assim é possível vislumbrar o terreno (KEAREY, 2002).

A energia da onda sísmica propaga-se no meio e ao encontrar camadas com diferentes propriedades elásticas, pode sofrer refração ou reflexão. Interface é o nome dado à região que separa as com diferentes propriedades elásticas. Além disso, pode ocorrer também a absorção de energia sísmica pelo meio (Pires, 2019, pg 54).

O método da sondagem elétrica vertical usa de aplicação de corrente e diferença de potencial no solo, essa interação de corrente com as camadas do sítio e dos materiais pode cobrir buracos que os outros métodos não alcançam, também pode ser utilizada nos arredores do sítio para a busca de paleo-canaís, assim podemos compreender a paleopaisagem.

Capítulo 1: Os Sambaquis do Litoral Norte

O litoral não atrai somente o interesse da população em tempos recentes, mas também de povos que se instalaram aqui há cerca de pelo menos 5.000 anos AP, conseqüentemente deixando vestígios da sua presença de uma maneira mais proeminente na forma de montículos ou montes de conchas, denominados sambaquis. São encontrados em grande parte do litoral brasileiro, produzidos por sistemas socioculturais distintos, regidos por lógica própria e com sua própria dinâmica interna. (LIMA, 1999). De acordo com Gaspar (1999), a pesquisa de sambaquis no Brasil possuía duas vertentes, uma naturalista, que acreditava que esse acúmulo de conchas era resultado do recuo do mar e da ação do vento e a presença de vestígios humanos seriam explicados por naufrágios próximos a costa. Já a corrente artificialista sustentava que a construção de sambaquis se dava por mãos humanas num passado pré-colonial. Ainda segundo Gaspar (1999), a corrente artificialista, atualmente, se divide em duas correntes, uma que acredita que a construção desses monumentos seja resultado de uma acumulação casual de restos de comida, enquanto a outra vertente supõe pela tese de que são monumentos funerários.

Sambaqui é uma palavra de etimologia Tupi, língua falada pelos horticultores e ceramistas que ocupavam parte significativa da costa brasileira quando os europeus iniciaram a colonização. Tamba significa conchas e ki amontoado, que são as características mais marcantes desse tipo de sítio. Trata-se de denominação amplamente utilizada pelos pesquisadores e que denota a capacidade de observação e síntese dos falantes Tupi (Gaspar, 1999, p.5)

Não é de hoje que esses sítios arqueológicos atraem o interesse arqueológico, com as primeiras pesquisas arqueológicas remontando ao final do séc. XIX. O museu nacional, sob a direção de Ladislau Neto, enviou várias missões ao litoral sul brasileiro (GASPAR, 1999).

Destacam-se, entre os primórdios, os trabalhos de Carlos Von Koseritz (1884), Theodor Bischoff (1898); Herman von Ihering (1895, 1903,

1904); Edgar Roquette-Pinto (1906) e Rudolf Gliesch (1925). Tais pesquisas foram realizadas no litoral central e nortepriorizando as regiões de Torres, Osório, Tramandaí e Cidreira. (Wagner 2009, p.16)

Em 1906 Roquette-Pinto começou seus trabalhos de campo nos sítios de Cidreira em resposta a um apelo de K. von Koseritz feita em 1884, que alertava sobre a necessidade de estudar os sambaquis que já estavam parcialmente destruídos, deixando assim o autor decepcionado com os resultado precários (FARIA,1958).

Desde esses primeiros estudos no litoral norte, algumas pesquisas substanciais já foram conduzidas em sítios da região, em especial no município de Torres, especialmente Kern (1970, 1991 e 1995-96), nas quais ele chama a atenção para a compreensão da paleopaisagem no modo de vida e nas escolhas culturais feitas pelos povos que primeiramente habitaram a Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Schmitz (2006) argumenta sobre a chegada dos primeiros habitantes ao estado, por volta de 10.000 anos AP e como foi a adaptação ao ambiente em constante mudança e quais são as escolhas culturais possíveis, o papel do arqueólogo seria então entender essas ligações entre humano e meio ambiente. Pelas datações realizadas no conjunto de sambaquis da região, compreende-se que são contemporâneos ao período em que as águas marinhas estavam na fase de retrocesso até a linha de costa atual (WAGNER, SILVA, HILBERT, 2020), muito embora o único sambaqui da qual tem-se cronologia de topo e base é o Sambaqui do Recreio.

Sambaqui	Idade convencional	Idade máxima 95,4%	Idade mínima 95,4%	Procedência estratigráfica	Fonte
Dorva	1.100 ± 40	1.172	932	Base	Wagner (2009)
Sereia do Mar	2.360 ± 60	2.703	2.185	Base	Wagner (2012)
Itapeva	3.130 ± 40	3.347	3.242	Base	Wagner (2009)
Marambaia	3.050 ± 40	3.367	3.158	Base	Rogge & Schmitz (2010)
Arroio Seco	3.310 ± 40	3.637	3.453	Base	Rogge & Schmitz (2010)
Recreio	3.350 ± 50	3.699	3.459	Topo	Wagner (2009)
Camping	3.420 ± 60	3.842	3.510	Base	Wagner (2009)
Recreio	3.540 ± 50	3.972	3.694	Base	Hilbert (2011)
Figueira	3.660 ± 40	4.140	4.132	Base	Rogge & Schmitz (2010)

· Figura 1: Tabela presente no trabalho de Wagner et al (2020), mostrando a datação dos sítios já escavados no litoral, percebe-se que somente o Sambaqui do Recreio tem datação de topo e base

Wagner (2009a, 2009b, 2012), Rogge;Schmitz (2010), Wagner; Hilbert (2011),

Wagner et al (2011), Oliveira (2016), Ricken et al. (2016), Wagner; Silva; Hilbert (2020) realizaram pesquisas significativas nos sambaquis da Barreira da Itapeva, além de oferecer uma abordagem geoarqueológica para os sítios no litoral.

1.1 O RS/100 Morro das Pedras: localização e intrvenções realizadas

O objeto de estudo desse trabalho está no Sambaqui do Morro das Pedras (RS/100), localizado no município de Torres, distante alguns quilômetros da linha de costa, em meio a uma plantação de arroz. Este sítio arqueológico mede cerca de 150m de comprimento por 60m de largura e ocupa uma cota de 9,5m de altura em relação ao nível do mar (WAGNER, 2009a)

Embora não tenhamos pesquisas intensivas, não é um sítio sem registro da existência visto que, em 1967, uma pequena comitiva de arqueólogos formada por Pedro Inácio Schmitz, José Proenza Brochado, Miguel Bombim e Ítala Becker fizeram dois poços no sambaqui, devidamente fichados e anotados.

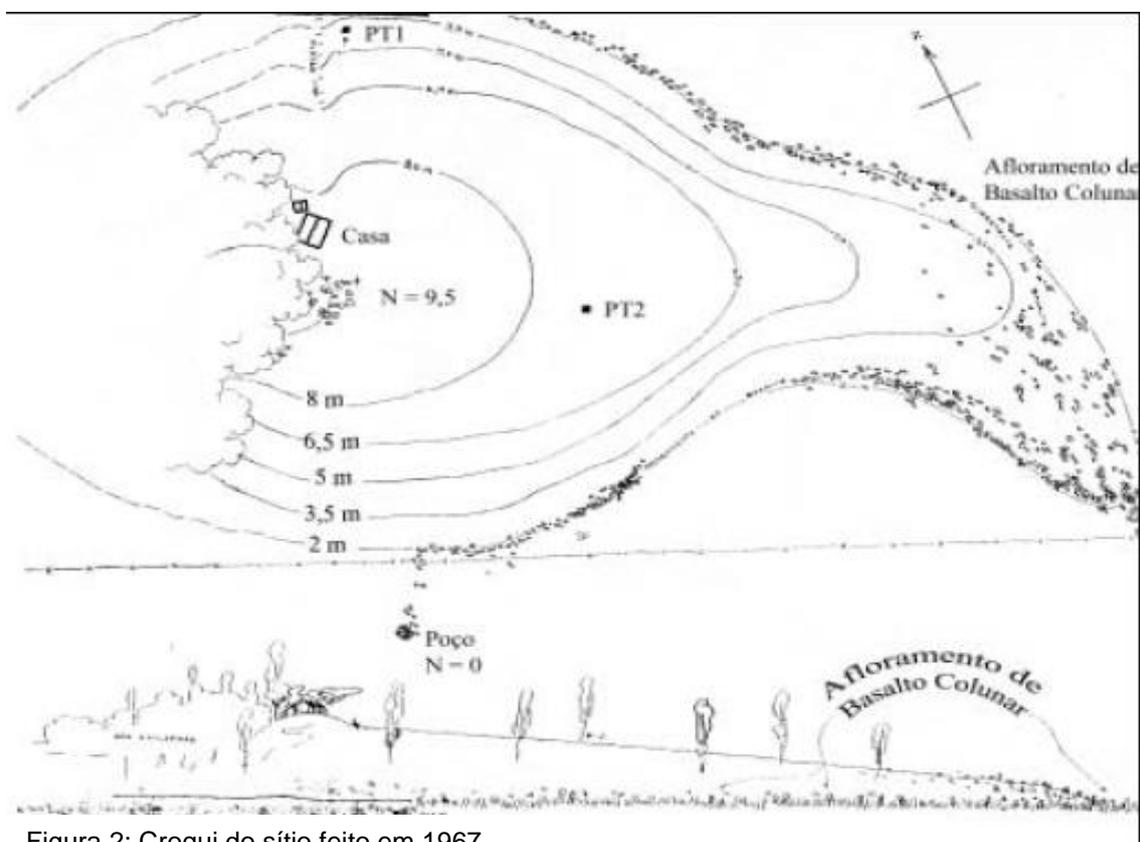


Figura 2: Croqui do sítio feito em 1967

[. . .] montículo de forma elíptica que mede 150m X 60m X 9,5 m rodeado de NNO a S-Sw por um verdadeiro muro de pedras (afloramento basáltico) que começam pequenas e separadas (+5cm) a N-NE, são muito altas ao SE e médias a W. Na direção de SE se estende (sic) um aponta de grandes pedras (aproximadamente 1m de altura), continuação das da “paliçada” que rodeia o montículo. A metade ESE do montículo é quase plana superiormente livre e grandes pedras. A metade ONO é irregular e coberta de blocos de pedra alguns bastante grandes e mato cerrado. As faldas de montículos têm plantados eucaliptos e aproximadamente no centro situam-se os ranchos do arrendatário. A metade ESSE está sendo utilizada como roça há bastante tempo; a metade ONO, atualmente coberta de mato, informam que também já foi plantada, existem algumas bananeiras. O montículo encontra-se isolado em meio de um terreno plano, pantanoso, inundável, utilizado como arrozal, que se estende até o rio Monteiro, distante uns 500m. Nestes terrenos encontram-se coqueiros (gerivá) e matos de banhado (SCHMITZ, BROCHADO, BOMBIM e BECKER, 1967).

Os arqueólogos fizeram dois poços-testes foram abertos em diferentes alturas do sítio. O primeiro entre as curvas de nível 3,5 e 5 metros e o segundo entre 6,5 e 8 metros, não oferecendo a possibilidade de relacioná-los como forma de estabelecer alguma continuidade estratigráfica. (OLIVEIRA, 2016).

Os resultados foram dispostos nas tabelas abaixo:

Quadro 1		
PT01 (100 X 70 X 230 cm)		
Dimensões	Solo	Material
0 a 90 cm	Terra pardo-escura	Erodona Mactroides (exclusivamente)
90 a 120 cm	Terra pardo-escura	Gastrópodes lacustres Material lítico: quebra coquinhos, peso de rede e material polido
120 a 150 cm	Areia mais clara	Erodona mactroides e ampulárias. Não há evidências de sinais de carvão
150 a 230 cm	Terra pardo-escura	Com gastrópodes lacustres, às vezes reunidos em conglomerados
230 cm		Aparecem Erodona mactroides

Figura 3: Tabela mostrando o que foi encontrado no primeiro poço-teste no Morro das Pedras. Fonte: Oliveira (2016)

O primeiro poço-teste foi escavado entre as curvas de 3,5m e 5m. Enquanto o segundo poço-teste foi feito próximo ao topo do montículo, entre as curvas de 6,5m e 8m.

Quadro 2		
PT02 (100 X 70 X 100 cm)		
Dimensões	Solo	Material
0 a 15 cm	Terra preta, humosa e compacta	Sem conchas. Ossos humanos espalhados no terreno revolvido pelo roçado
15 a 70 cm	Terra preta, humosa e compacta	Material lítico: quebra coquinhos
70 a 100 cm	Terra preta, humosa e compacta	Carvão, sementes calcinadas e raras lentes de carvão
100 cm	Solo amarelado, estéril com pedra em decomposição	

Figura 4: Tabela mostrando o que foi achado no segundo poço-teste. Fonte: Oliveira (2016)

Percebe-se uma diferença de material encontrado entre os níveis, sendo no mais próximo a base presença de muitas conchas de animais e material produzido para a atividade de pesca e coleta. No segundo poço-teste são encontrados restos de uma mais intensa atividade humana.

Importante ressaltar que houve outra pesquisa relacionada ao Morro das Pedras do Oliveira (2016), relacionada aos petróglifos nas rochas que cercam parte do sambaqui. Uma vez que são poucos os sítios catalogados no Rio Grande do Sul que contenham essas gravuras ou pinturas, a sua grande parte registrados no Planalto Meridional, o sítio em questão abre algumas questões interessantes para pesquisa devido a sua localização no litoral.



Figura 5 e 6: Petróglifos estudados por Oliveira (2016), presente no Morro das Pedras, no afloramento rochoso

Quando observamos a arte rupestre, podemos ser incapazes de determinar o objeto de certas propriedades que aparecem sobre as pareces rochosas por diferentes razões. Por exemplo, por não possuir o conceito que permita identificar as qualidades mostradas pelo ícone; seja por sermos incapazes de distinguir qualidades próprias aos objetos representados; seja por não possuir o hábito de ligar as qualidades visuais percebidas com as coisas que foram representadas através de conceitos e de coisas. (Oliveira, pg 480, 2016)



Figura 7: Foto do Sambaqui Morro das Pedras. Imagem do Autor

A foto acima foi tirada em recente visita ao sambaqui, no ano de 2021. Percebemos ele numa planície alagadiça, uma plantação de arroz, e tendo um certo destaque da paisagem atual, ao fundo é possível notar as encostas na Serra Geral. No próximo capítulo discutirei a formação da Planície Costeira do Rio Grande do Sul e através dessa discussão é possível recriar a paleopaisagem que os autores já citados evocam ter extrema importância para entender os comportamentos dos grupos que se estabeleceram milhares de anos.

Kern (1995-96) reconstituiu a paleopaisagem no ótimo climático em Torres, que durou entre 6.000 AP e 4.000 AP, como um arquipélago, onde as falésias que tanto chamam atenção dos turistas hoje em dia como ilhas isoladas pela água do mar que estava próximo de atingir seu pico transgressivo, tornando assim a área que estamos vendo o sambaqui do Morro das Pedras e as encostas na Serra Geral como o litoral. Por volta de 4.000 anos o clima começa a mudar novamente, diminuindo a temperatura lentamente e as águas que antes estavam a entre 2.5 e 3.5 metros acima do nível atual voltam a regredir, até moldar o linha de costa que conhecemos. Cada sequência daqueles eventos condicionou a implantação de um sistema deposicional do tipo laguna-barreira, que se dispõe paralelamente à linha de costa atual (Wagner, Silva, Hilbert 2020).

Capítulo 2: Geomorfologia do Litoral Norte

Sendo o planeta Terra um sistema dinâmico, entende-se que diversos fatores são responsáveis pela modificação da paisagem. Em relação ao litoral e a zona costeira não seria diferente, uma vez que a última é a zona transicional entre os ambientes continentais e marítimos.

Para começarmos a compreender a localização do sítio é necessário entender a geomorfologia do Estado, pois tudo está ligado numa grande cadeia de eventos que foram e continuam modificando a paisagem.

Torres é a primeira cidade litorânea do Rio Grande do Sul na direção norte-sul, está localizada na parte mais estreita da planície costeira, comprimida entre a Formação Serra Geral a oeste, sendo essa visíveis nos quatro paredões rochosos que dão nome a cidade, Morro do Farol, Morro das Furnas, Morro da Guarita e a Torre da Guarita. E temos a única ilha marítima do estado, a ilha dos lobos, também parte da Serra Geral. Esta seqüência está sobreposta aos arenitos da Formação Botucatu, visíveis principalmente na torre da Guarita.(Wagner, 2009a)

A Formação Serra Geral consiste-se de derrames basálticos continentais (Continental Flood Basalts), que formam uma das grandes províncias ígneas do mundo (Saunders et al. 1992). A Serra Geral se formou quando o supercontinente Gondwana começou lentamente a sua separação e conseqüentemente a sua deriva, ao separar as placas tectônicas, uma série de derrames basálticos caíram sobre o deserto Botucatu, aprisionando-o embaixo dessa camada de rocha vulcânica extrusiva, compartimentando e dando origem ao que chamamos de Sistema Aquífero Guarani. Os arenitos Botucatu encontram-se expostos nas escarpas da borda do Planalto Ocidental, sustentado por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, no sul e sudeste do Brasil (Assine et al. 2004).

As Torres rochosas que ainda hoje nos encantam os olhos, trazem nas paredes de suas falésias as marcas de uma imensa subida dos níveis do mar, que denominamos de transgressão marinha, ocorrida entre 6.000 e 4.000 anos atrás, no período denominado de Ótimo Clímático.

As águas do mar subiram até cinco metros acima do nível atual. Deixaram as evidências de seus embates e destes avanços das transgressões marinhas, nas rochas voltadas para o oceano.(...) (KERN, 1996, p. 125).

Ocorrências esporádicas de intercalações do arenito Botucatu e derrames vulcânicos indicam a persistência das condições desérticas após o início do vulcanismo da Formação Serra Geral (ALMEIDA, 1964).



Figura 8: Praia da Guarita, local de alguns sambaquis já escavados e possivelmente destruídos, mas também vemos o encontro entre o Basalto da Formação Serra Geral e o Arenito Botucatu. Fonte: Google Imagens. Retirada em 17/11/2021

Na cidade também encontramos a presença dos sambaquis, não a toa a Praia da Cal, localizada entre o Morro do Farol e Morro das Furnas recebe esse nome por causa do montante de calcário espalhado pela região resultante da acumulação e concreção dos sambaquis e que por algum tempo serviu a indústria de mineração devido a essa riqueza em cal. (WAGNER, 2009a)

Desde Torres ao Chuí, a costa arenosa somente é interrompida, de forma não temporária, em dois locais importantes, correspondentes a desembocadura da Lagoa de Tramandaí e Lagoa dos Patos. (VILLWOCK; TOMAZELLI, 2005).

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) é uma feição correspondente à porção emersa da Bacia de Pelotas (ROCKETT, 2016), e seus depósitos aflorantes acumularam-se em sistemas deposicionais específicos desenvolvidos na região durante o final do Terciário e principalmente, durante o Quaternário e é composta por dois tipos de sistemas deposicionais: de um sistema de Leques Aluviais – que se desenvolveu no contato com as terras altas –, e de quatro sistemas do tipo Laguna-Barreira – que se desenvolveram para Leste (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995, ROCKETT, 2016). As barreiras são corpos de areia paralelos a linha de costa que se elevam acima do nível da mais alta maré, e que estão separados do continente por uma área lagunar. (WAGNER, 2009b)

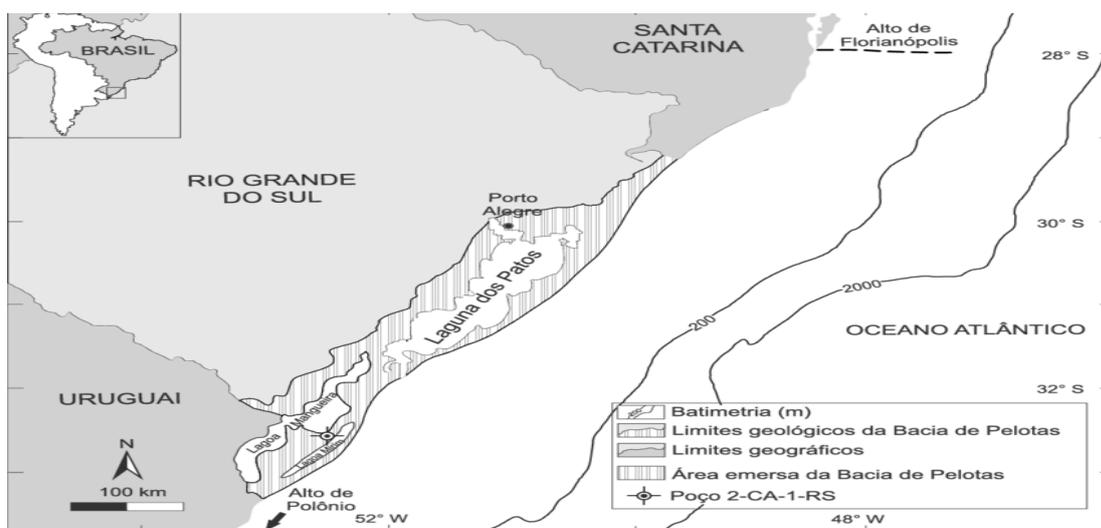


Figura 9: A bacia do Paraná. Fonte: Google imagens acesso em 6/11/2021

Três barreiras de idades pleistocênicas e uma holocênica são encontradas na PCRS(ROCKETT,2016). Essas barreiras se desenvolveram através de quatro eventos transgressivos-regressivos do oceano, ocasionado, principalmente, pela glacioeustasia, ou seja, o fenômeno de movimentação da massa de água do oceano em função do derretimento ou congelamento das geleiras. Mais tarde esses eventos, de transgressão e regressão se transformariam no sistema Laguna-Barreira, ponto de partida para entender o porquê estudar esses movimentos é de suma importância para o estudo de Sambaquis, principalmente no Rio Grande do Sul.

O sistema é composto por três subsistemas geneticamente relacionados, o lagunar, o de barreira e o de canal de ligação (*inlet*). O subsistema lagunar se desenvolve no espaço de retrobarreira, região topograficamente baixa, situada entre a barreira e os terrenos interiorizados mais antigos. (Rockett, 2016 pg. 23)

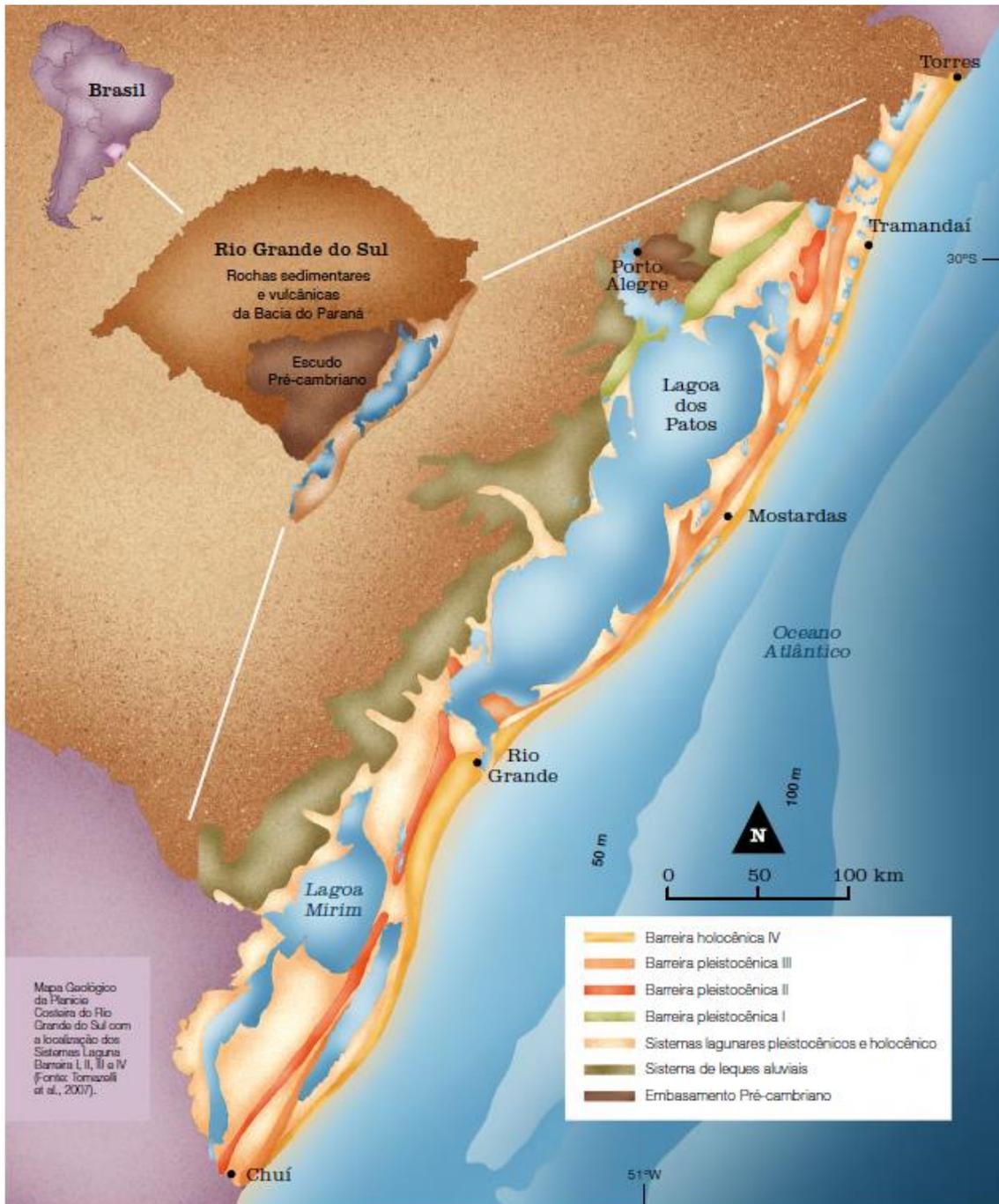


Figura 10: Mapa feito por Schäfer(2012), mostra como cada sistema laguna-barreira está localizado.

A PCRS começou a se formar há cerca de 400 ka. A Barreira I se desenvolveu na porção noroeste da planície costeira onde ocupa uma faixa com orientação NE-SW, com cerca de 150 km de extensão e uma largura média de 5 a 10 km [...] o sistema Lagunar I ocupa as terras baixas situadas entre os terrenos mais

antigos formados pelas rochas da Bacia do Paraná e pelos terrenos pré-cambrianos de Porto Alegre, Viamão e Guaíba (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2005).



Figura 11: Feito por Schäfer(2012), mostra a primeira transgressão marinha, podemos ver a primeira barreira se formando.

Por volta de 325 ka houve o segundo evento transgressivo resultando no sistema Laguna-Barreira II, que resultaria nas lagoas dos Barros e Mirim.



Figura 12: Mostra a segunda transgressão e o aprisionamento das Lagoas Barros e Mirim.
Fonte: Schäfer(2012)

O terceiro evento que originaria o sistema III aconteceu em torno de 120 ka e é responsável pelo sistema Patos-Mirim.

Os depósitos sedimentares ligados à Barreira III se estendem ao longo de toda a planície costeira sul-rio-grandense. Na parte norte, área de nosso interesse, tais feições se encontram no sopé da Serra Geral onde se interdigitam com talús³⁵ e outros depósitos de encosta, pertencentes ao Sistema de Leques Aluviais. Tal fato indica que durante o máximo transgressivo a linha de costa atingia diretamente as escarpas da Serra Geral, possibilitando a formação de cavernas de erosão marinha. (Wagner, 2009a)



Figura 13: Mostra a terceira transgressão e o aprisionamento da Laguna dos Patos. Fonte: Schäfer(2012)

As pesquisas mostraram que esta barreira é constituída por fácies arenosas originárias de ambientes praias e marinho raso, recobertas por depósitos eólicos em uma sucessão vertical indicativa de um processo progradante.(Villwock; Tomazelli, 1995)

Há cerca de 20 ka ocorreu um evento global que desencadeou o último grande evento glacial do quaternário. Este grande evento glacial rebaixou o NRM a uma cota 130 m abaixo do nível atual [...]. Durante este período de tempo, alguns dos rios que deságuam na Laguna dos Patos passaram a escavar vales fluviais, tanto no leito da laguna quanto na plataforma continental. A transgressão subsequente ao último episódio glacial (Transgressão Pós-Glacial) possibilitou a formação, na PCRS, de uma barreira transgressiva que progradou durante a fase regressiva que se seguiu.(Manzolini,2016, pg 29).

No holoceno teremos a última das transgressões marinhas acontecendo por volta de 5.100 anos AP, elevando as águas até 5m acima do nível atual e por conseguinte abandonando cordões arenosos, vistos até hoje por satélite. Alguns dos sambaquis estudados por Wagner e Hilbert (2011) estão situados sobre sses

cordões, acredita-se que a medida que as águas iam baixando os sambaquieiros chegavam mais próximos a linha de costa.

No Rio Grande de Sul, a regressão das águas foi criando cordões arenosos até vistos por imagens de satélite. A transgressão marinha atinge seu máximo no ótimo climático, cobrindo a planície costeira de 3m a 5m acima do nível atual (KERN, 1970). O cenário que temos há 50.00 ou 4.000 AP é propício para o estabelecimento de populações pescadoras ou que se utilizava ostensivamente dos recursos marinhos, um clima quente e uma planície alagadiça ocasionando lagunas e pequenos banhados.

Apesar de estar a planície litorânea mais estreita, as águas marinhas formam zona de mangue, invadem as zonas de baixa altitude e isolam as montanhas em ilhas, como é o caso do paleoarquipélago de Torres que se forma então. Estabelecem-se condições favoráveis à proliferação da fauna marinha (moluscos, peixes, crustáceos etc) e da flora paluvial, de manguezais e das formações florestais e campestres, estas mais limitadas. É desta fase a maioria dos sambaquis construídos pelos pescadores-coletores marinhos do litoral sul-riograndense (Kern, 1991).



Figura 14: Acima vemos a última transgressão, que ao regredir deu origem aos cordões de areia na linha de costa. Fonte: Schäfer (2012)

Os Sambaquis da Barreira de Itapeva foram construídos sobre esses cordões arenosos (WAGNER, HILBERT 2011), contudo, o Sambaqui do Morro das Pedras localiza-se afastado dos demais e sob uma estrutura geomorfológica diferente da estrutura que estão assentados os outros sambaquis, e precisamos ter isso em mente, pois assim é possível justificar ainda mais a importância das pesquisas na região, principalmente através da geoarqueologia e consequentemente a utilização de métodos geofísicos para tal.

O Sambaqui do Morro das Pedras não está próximo aos outros, que se encontram muito próximos ao mar, enquanto o primeiro está afastado, para sermos mais específicos, ele se localiza numa plantação de arroz, na localidade do Jacaré, que recebe esse nome devido a Lagoa do Jacaré, zona rural do município.

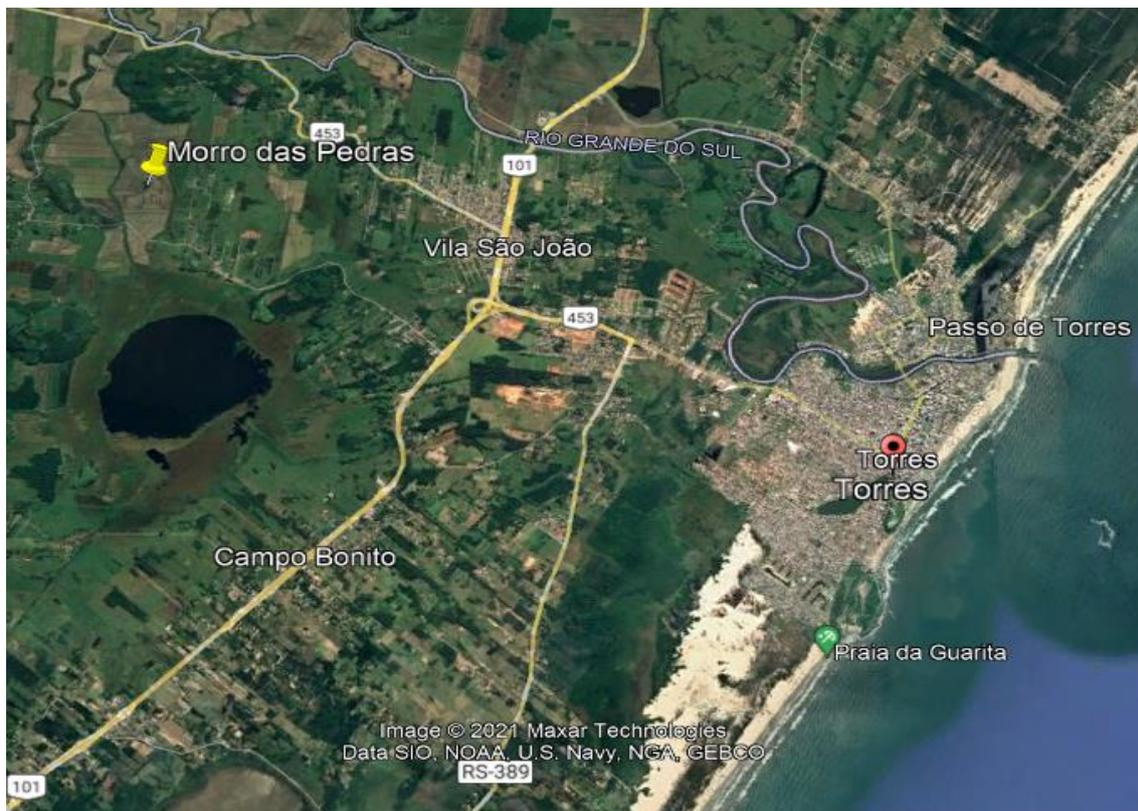


Figura 15: Mapa da cidade de Torres mostrando a localização do Morro das Pedras. Fonte: Google Earth acesso 6/11/2021

É possível começar a compreender através das imagens que o Sambaqui do Morro das Pedras não se encontra sob os cordões de dunas formados na última regressão marinha, e sim está no terraço lagunar da barreira III, podendo, possivelmente não ser contemporâneo aos seus “pares” na linha de praia. O sítio objeto de estudo desse trabalho por tanto, apresenta grande potencial para futuros estudos, principalmente no que diz respeito ao assunto do próximo capítulo, que são a utilização de métodos de imageamento não invasivos, para fins de caracterização de sítio e arredores.

Imediatamente após o pico transgressivo, a imensa laguna que ocupava toda a planície arenosa, situada entre a barreira holocênica e o contraforte da serra geral, iniciou um processo de sedimentação, que culminou em sua gradual segmentação. Aos poucos, as áreas rasas foram dando espaço a banhados ou paludiais, e a planície arenosa passou a ser ornamentada por uma sequência de lagoas constantemente conectadas por canais, formando uma paisagem a que os pescadores locais batizaram de ‘rosário de lagoas do litoral norte’. De norte para sul, o rosário é composto pelas lagoas de Itapeva, Quadros, Pinguela e Laguna de Tramandaí, onde a conexão com o mar permite o acesso dos peixes e crustáceos, constituindo um ambiente piscoso extremamente produtivo, que se estende por cerca de 100 km por toda a retroarea de ocupação dos sambaquis (situados entre as lagoas e o mar). (Wagner, 2009b)

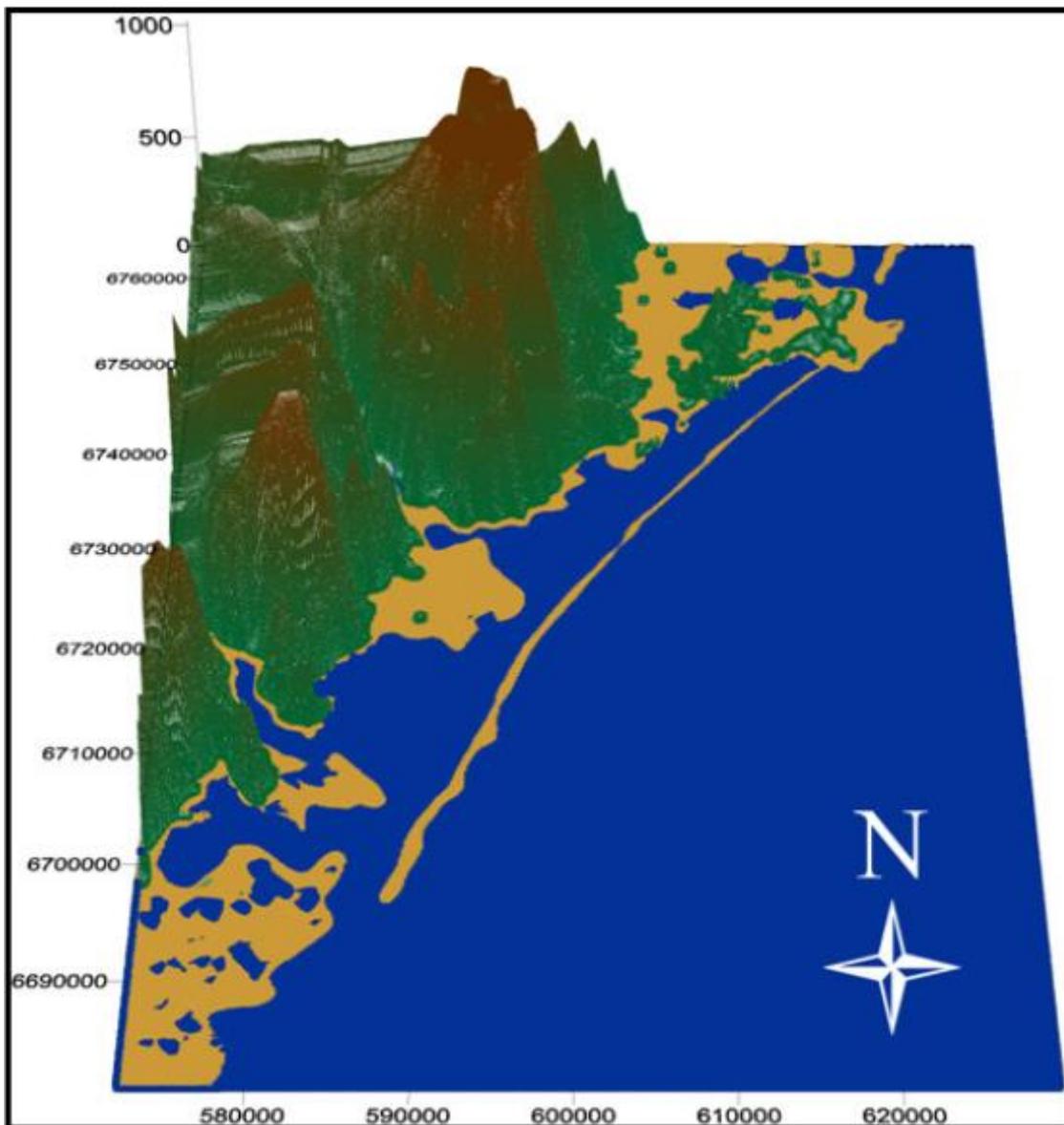


Figura 16: Mapa do litoral norte mostrando onde a água estava há 5000 anos AP e como a linha de costa estava recuada. Fonte: Wagner (2009a)

De acordo com Kern (1991), os sítios mais antigos do Rio Grande do Sul devem estar situados para o interior da planície costeira. Essa afirmação corrobora com a localização do Sambaqui do Morro das Pedras, pois como já citado ele está no que antigamente era a faixa litorânea no Ótimo Climático, ou seja, o início da sua construção, possivelmente, se deu nesse período. O necessário seria fazer junto com a prospecção geofísica, uma datação de topo e base para sabermos a antiguidade do sítio, porém sua localização, próximo a lagoa do Jacaré e distante na linha atual de costa é um ótimo indício para começarmos a fazer as perguntas certas.

Capítulo 3: Geofísica no Sambaqui

A geofísica consiste em métodos não invasivos, ou minimamente invasivos, com o objetivo de utilizar as propriedades físicas de solo, rochas, entre outros, para gerar imagens de subsuperfície. Muitas das ferramentas e técnicas geofísicas foram originalmente desenvolvidas para a exploração de petróleo. (PIVA, 2020), porém os métodos geofísicos têm sido usados desde 1946 com frequência crescente para investigações arqueológicas e atualmente o ramo da arqueogeofísica é amplamente aplicado (GAD EL-QADY, 2019).

Há uma grande variedade de métodos geofísicos, para cada há um conjunto de propriedades físicas “operacionais” às quais cada método é sensível. (KEAREY, 2002). E por existir diversos equipamentos nos possibilitando a visualização em subsuperfície o presente trabalho tem por objetivo elucidar e explicar os princípios de alguns dos métodos ostensivamente usados na geofísica, especificamente no nosso caso, geofísica rasa e na arqueologia. Nosso objeto de estudo desse exercício será o já anteriormente citado, Sambaqui do Morro das Pedras, e quais são os métodos que demonstram potencial de utilização na investigação em subsuperfície.

Métodos geofísicos podem ser divididos entre aqueles que usam das propriedades naturais da Terra e aqueles que precisam de impulsos gerados artificialmente para a realização das medições. De acordo com Keary (2002), métodos passivos são utilizados, geralmente, para a compreensão de propriedades físicas do interior do planeta, enquanto os ativos nos dão informações mais detalhadas.

Segundo Quady (2019), há duas classes de métodos no “mercado” a nossa disposição, a primeira sendo passiva, onde a medição não altera o ambiente de forma alguma, ou seja, as estruturas enterradas causam uma perturbação nas camadas abaixo da superfície que são notadas pelos aparelhos, a exemplo disso temos: fotografia aérea, térmico, gravitacional, magnético e de potencial

espontâneo. Em contrapartida, também temos os métodos ativos tais como o GPR e a eletrorresistividade.

Métodos	Parâmetros de Medição	Propriedade Física
Sísmica	Tempo de Reflexão e Refração das ondas sísmicas	Densidade e elasticidade
Gravidade	Variação no campo gravitacional	Densidade
Magnético	Variação no campo magnético	Suscetibilidade magnética
Elétrico	Resistência	Condutividade Elétrica
Polarização Induzida	Polarização	Capacitância Elétrica
Potencial Espontâneo	Potencial Elétrico	Condutividade Elétrica
Eletromagnético	Resposta a radiação eletromagnética	Condutividade e Indutância Elétrica
Radar	Tempo de viagem de pulsos de radar	Constante Dielétrica

Tabela 1: Alguns dos métodos geofísicos e as propriedades utilizadas para fazer as medições.
Fonte: Kearey (2002)

A tabela acima mostra alguns métodos usados frequentemente em áreas de estudos requisitada, sendo majoritariamente usado em exploração de recursos naturais, como petróleo e estudo de águas subterrâneas, a exemplo dos aquíferos. Soma-se o fato de métodos geofísicos são comprovados como poderosas ferramentas para a prospecção arqueológica. Em geral, a profundidade das investigações arqueológicas se dão até 5m.(QUADY, 2019)

Abaixo uma tabela mostrando os métodos, porém com suas aplicações para a arqueologia.

Técnica	Propriedade	Resolução Vertical	Resolução Horizontal	Aplicação na arqueologia
Termal	Condutividade Térmica	Pobre	Moderada	Sim
Magnético	Suscetibilidade Magnética	Moderada	Boa	Sim
Gravitacional	Densidade	Moderada	Moderada	Raramente
Potencial Espontâneo	Efeito Eletrocinético	Moderada	Moderada	Não
Resistividade Elétrica	Resistividade Elétrica	Moderada	Boa	Sim
Eletromagnética	Resistividade Elétrica	Moderada	Boa	Sim
Polarização Induzida	Carga Elétrica	Moderada	Moderada	Não
Georadaar	Permissividade Dielétrica	Boa	Boa	Sim
Sísmica	Densidade/velocidade sísmica	Boa	Boa	Sim

Tabela 2: Mostra os mesmos métodos da tabela anterior, porém vemos se é aplicável a arqueologia. Fonte:

Como vemos pela tabela 2, há uma boa quantidade de métodos geofísicos aplicáveis aos diversos sítios arqueológicos das quais desejamos utilizar dessas técnicas. Contudo é preciso entender as vantagens e as limitações de cada método para enfim organizar um plano de ação para determinado sítio e quais métodos deveriam ser utilizados. Métodos geofísicos são geralmente usado em combinação (KEAREY, 2002).

No Brasil a arqueologia utiliza amplamente o GPR, especialmente em sambaquis e cerritos (SANHUDO 2017; WAGNER; BARCELLOS, 2008; WAGNER 2009; ARAGÃO, LUIS & LOPES, 2010; RODRIGUES, PORSANI, SANTOS,

DEBLASIS & GIANINI, 2009), porém o primeiro registro da utilização de um método elétrico em arqueologia foi no Pará, pela dissertação de Alves (1979).

No nosso caso de estudo com o Sambaqui do Morro das Pedras os métodos passivos não são os recomendados pois o contexto dos materiais abaixo da superfície não emitirá perturbações suficientes para justificar usar tais métodos, uma vez que estamos interessados em entender o paleoambiente e as camadas que fazem parte do sítio, ou seja a estratigrafia. Métodos ativos irão gerar ondas, podendo ser sonoras, elétricas e eletromagnéticas que irão exercer contato com as camadas e conseqüentemente o material nelas e nos darão uma resposta numérica, posteriormente esse dado será tratado e processado gerando imagens da subsuperfície.

De acordo com a natureza do sítio em foco e dos objetivos específicos da pesquisa, as técnicas geofísicas são escolhidas para investigar os contrastes físicos de subsuperfície apropriadamente. Também, as amostras de intervalo temporal e espacial devem ser selecionadas para prover a profundidade de penetração e resolução necessárias.(Quady, 2019 pg 9)

Nos anos 60 foram feitos poços-testes no sítio com intuito de entender um pouco da estratigrafia, contudo esses poços foram somente abertos e descritos em fichas e não foi feito nenhum tipo de perfilagem geofísica neles e também por não passarem de 2m de profundidade de um sítio que sua maior altitude é de 9m, segundo relatado nas fichas feitas nos anos 60. Uma vez que os métodos geofísicos farão uma varredura da estratigrafia do sambaqui, se na época houvesse uma perfilagem geofísica os resultados poderiam ser introduzidos nesse trabalho, contudo os resultados obtidos com a abertura naqueles dois poços não nos ajudam, porém não atrapalha na aferição com os métodos mais modernos.

3.1 Ground-Penetrating Radar

O Ground-Penetrating Radar (GPR) é um método há muito utilizado na arqueologia por ser seguro, rápido e barato e pouco suscetível aos ruídos externos¹. É análogo a sísmica na forma do comportamento que as ondas eletromagnéticas são espalhadas, refletidas e por fim captadas por uma antena, enquanto na sísmica usa-se ondas de choque para obter uma imagem.

GPR é uma técnica não destrutiva e pode, conseqüentemente, ser aplicada em meios urbanos ou sensíveis. GPR tem muitas aplicações geológicas, como imagear solos rasos e estruturas rochosas em alta resolução, localizar canais enterrados, e mapear bolsões de água. Também tem um agama extensa de outras aplicações, como na arqueologia, para a localização de paredes ou cavidades enterradas, e em investigações forenses, para a localização de solo recentemente perturbado, onde um enterramento aconteceu. (Keary, 2002, pg. 225)

Esse método com alta resolução para investigações rasas é altamente sensível para determinar todos os materiais metálicos e/ou não metálicos na arqueologia é bem clara, já que ele é, como dito anteriormente, barato, rápido, extremamente eficaz para profundidades rasas, e por preservar os alvos das quais gera a imagem, tendo em vista que o método é indireto.

Durante a irradiação dos pulsos eletromagnéticos gerados pela antena transmissora do GPR, vários fenômenos ondulatórios ocorrem, tais como, a propagação, transmissão e reflexão do sinal. Tais fenômenos são regidos por vários fatores, como, as propriedades elétricas do solo (condutividade elétrica, permeabilidade magnética e permissividade dielétrica), impedância elétrica, frequência do pulso, conteúdo de água, geometria das estruturas em subsuperfície, etc. (iag usp, data de acesso 18/11/2021)²

¹ Ruídos externos são qualquer tipo de perturbação que possa atrapalhar a medição, como linhas de transmissão ou até mesmo veículos em rodovias;

² Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP

Pulsos eletromagnéticos são emitidos da antena do aparelho numa frequência que varia entre 10–1000 MHz (KEAREY, 2002), dependendo da profundidade que originalmente queremos chegar, esses pulsos irão passar pelo material em subsuperfície e refletir de volta para a antena, assim teremos uma visão das anomalias que estão presente abaixo.

A energia refletida é registrada em função do tempo de percurso, sendo amplificada, digitalizada e gravada em um microcomputador portátil para posterior processamento, cujo resultado final é uma imagem de alta resolução que permite identificar as diversas interfaces presentes no local. (iag usp, data de acesso 18/11/2021)³.

A velocidade do radar é dada pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{c}{\sqrt{(\mu_r \epsilon_r)}}$$

Onde c é a velocidade da luz no vácuo e μ é a permeabilidade magnética e ϵ a permeabilidade dielétrica.

Material	ϵ_r	σ (mS/m)	v (m/ns)	α (dB/m)
Água fresca	81	0,5	0,033	0,1
Ar	1	0	0,3	0
Argila	5 - 40	2 - 1000	0,06	1 - 300
Concreto	4-10	1-0,1	0,1	0,5-2,5
Metal	300	10^{10}	0,017	$9,5 \times 10^8$
PVC	3,3	0	0,11	0
Solo argiloso saturado	15	50	0,07 – 0,09	21
Solo argiloso seco	2,4	0,27	0,19	0,28

Tabela 3: Mostra a propriedades de cada material

³ Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP

A tabela acima mostra alguns materiais e suas respectivas propriedades físicas, que são medidas pelo GPR, criando posteriormente o tipo de imagem que vemos abaixo (figura 17).

O método de imageamento por GPR mostra resultados robustos para a pesquisa arqueológica, porém sua limitação está na hora de ser feitas as medições, uma vez que sua limitação está na forma do aparelho em si, pois por ser um “carrinho” não entra em áreas que estejam obstruídas.

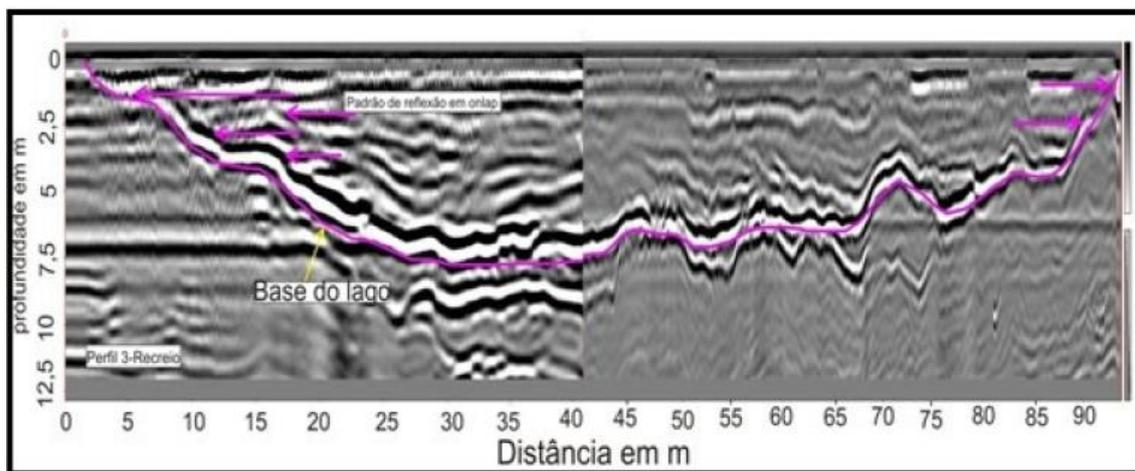


Figura 17: Um perfil feito pelo GPR, mostra uma paleolagoa. Fonte: Wagner (2008)

3.2 Sísmica de Refração

De acordo com Hewitt (2002), onda é uma vibração em função do tempo. Ainda segundo o autor, diferente de outros tipos de ondas como a luz, que se propaga no vácuo, as ondas sonoras precisam de um meio para a propagação, como o ar ou água, e para fins do trabalho, solo. Em Lições de Física, Feynman (1965) explica o comportamento das ondas, a reflexão é o fenômeno da onda que, ao encontrar um obstáculo “bate” e retorna no mesmo ângulo que incidiu no objeto, a exemplo de um espelho. A refração, no entanto, acontece quando a onda muda de meio ela muda o ângulo incidido, como na imagem abaixo.

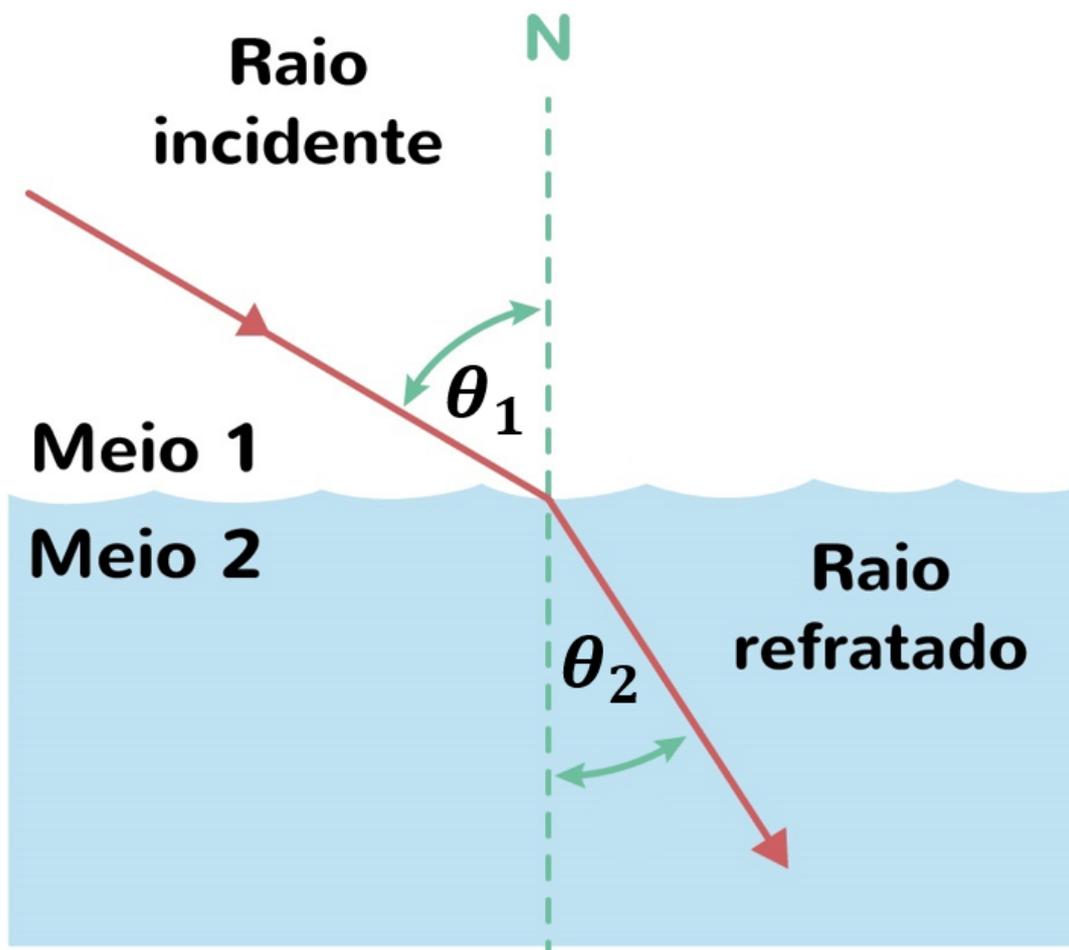


Figura 17 : Mostra o comportamento das ondas quando passam de um meio a outro. Fonte: Google imagens acesso em 01/11/2021

A onda em sólidos, a exemplo das ondas na terra, apresentará um comportamento diferente de outras ondas, ela será transversal e longitudinal. Esse não tão estranho fenômeno ocorre porque a terra não é homogênea e através das ondas e sua interação com a matéria é possível entender o seu interior (FEYNMAN, 1965).

O comportamento das ondas pode ser explicado por dois princípios: o de Fermat, em que uma onda sempre percorrerá o caminho que gastará menos energia e o de Huyens, em que estabelece que qualquer ponto de uma frente de onda se comporta como uma nova fonte de onda elementar, que se propaga para além da região já atingida pela onda original e com a mesma frequência que ela. (PIRES, 2019)

As ondas sísmicas são geradas através de uma percussão mecânica, bastando somente um martelo de aproximadamente 8kg para pequenos arranjos, abaixo de 60m (MOURA, 2018). É possível entender o arranjo dos geofones e da fonte geradora dessas ondas através da imagem abaixo.

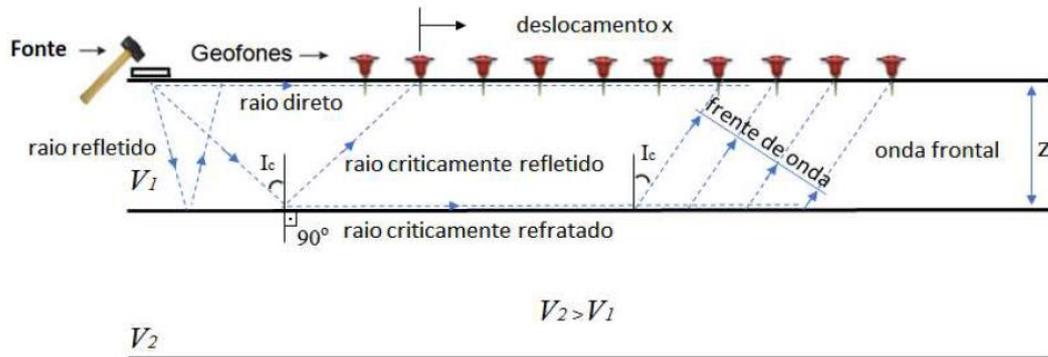


Figura 18: Mostra o funcionamento do aparelho de sismica. Fonte: Pires (2019)

Os geofones de um sismógrafo irão captar as ondas refletidas ou refratadas na nossa amostra e a partir daí teremos uma velocidade de resposta, essas velocidades já são previamente conhecidas.

A relação entre ângulo de refração e ângulo incidência é dada pela seguinte equação:

$$\frac{\sin (i_{\text{incidência}})}{v_1} = \frac{\sin (i_{\text{refratado}})}{v_2} = \frac{\sin (i_{\text{refletido}})}{v_2}$$

Aplicando a Lei de Snell para conseguir o valor de i_c , teremos a seguinte equação:

$$\frac{\sin(i_c)}{v_1} = \frac{\sin(90^\circ)}{v_2} \therefore \sin(i_c) = \frac{V_1}{V_2}$$

A velocidade de propagação da onda sísmica primária depende da porosidade, já que, o conteúdo de fluido nos poros da rocha provoca mudanças relacionadas à densidade do meio e, conseqüentemente, à impedância acústica (PIRES, 2019).

Material	V_p (m/s)	Densidade (kg/m ³)
Ar	330	1200-1300
Gelo	3400	900
Solo	100-500	2200-3000
Areia (seca)	200-1000	1500-1700
Areia (terra amarela)	200-2000	1900
Estuário de lama	300-1800	1200
Areia e cascalho (perto das superfícies)	400-2300	1800
Argila	1000-2500	2000-2400
Petróleo	1300-1400	600-900
Água	1450-1530	1000
Areia (saturada de água)	1500-2000	1900-2100
Folhelho	1700	---
Argilito	1800-2000	---
Gesso	2000-3500	1800-2300
Arenito	1400-4500	2100-2400
Xisto	2000-4100	2400-2800
Carvão	2200-2700	1300-1800
Dolomita	2500-6500	2500-2900
Areia e cascalho (a 2 km de profundidade)	3000-3500	---
Anidrita	3500-5500	2900-3000
Calcário	3500-6000	2400-2700
Gnaisse	3500-7600	2610-2990
Mármore	3780-7000	2600-2750
Basalto alterado	3500-3750	---
Sal	4000-5500	2100-2300
Granito	4600-6200	2500-2700
Basalto	5500-6500	2700-3100
Serpentinita	5500-6500	---
Gabro	6400-7000	2850-3120
Peridotita	7800-8400	3100-3400

Figura 19: Tabela demonstrando algumas densidades de materiais previamente conhecidas, usado como referência ao fazer as medições. Fonte: Pires(2019)

A sísmica por ser análoga ao GPR, usando somente diferentes tipos de ondas também mostraria resultados satisfatórios para a pesquisa, além de não ter a limitação do outro método, devido ao fato dos geofones que captarão as ondas

refratadas são encravadas ao solo, não tendo a necessidade de fazer uma limpeza do que está por cima do sítio a ser estudado.

3.3 Sondagem Elétrica Vertical

Por último estudaremos o método da eletrorresistividade. Anteriormente vimos que tanto o GPR quanto a sísmica são análogos, utilizando somente princípios diferenciados para gerar dados. Porém juntar os dois é interessante, para justamente termos uma correlação de dados e comparação de tempo e despesas.

A eletrorresistividade talvez seja o mais simples de entender pois, está mais próxima da nossa vida diária. E de fato, todo o conceito por trás do método é bem mais simpático, matematicamente falando, do que os outros dois.

Na física, a primeira Lei de Ohm é dada por

$$R = \frac{V}{i}$$

Onde,

R é a Resistência

V é a diferença de potencial ou tensão

i é a corrente

A segunda lei de Ohm nos diz que a resistência elétrica é inversamente proporcional a área transversal e proporcional ao seu comprimento, multiplicado pela resistividade elétrica. A grandeza denominada resistividade elétrica depende da temperatura e da natureza do condutor. (SOTELO, 2019).

$$R = \rho \frac{C}{S_t}$$

Sendo ρ resistividade elétrica.

Resistividade é a primeira técnica de investigação usada em estudos de prospecção arqueológica (QUADY, 2019). O método de sondagem elétrica vertical oferece algumas vantagens em questão de delimitação de profundidade de sítio, uma vez que ele somente até mostra algumas anomalias em sítio, mas particularmente, usaria como um modo de ver o sítio de forma total.

Métodos elétricos utiliza correntes diretas ou correntes de de baixa frequência alternadas para investigar as propriedades elétricas em subsuperfície, em contrates com os métodos eletromagnéticos [...] que usam campos eletromagnéticos alternados de alta frequência para esse fim(Kearey, 2002 pg. 183)

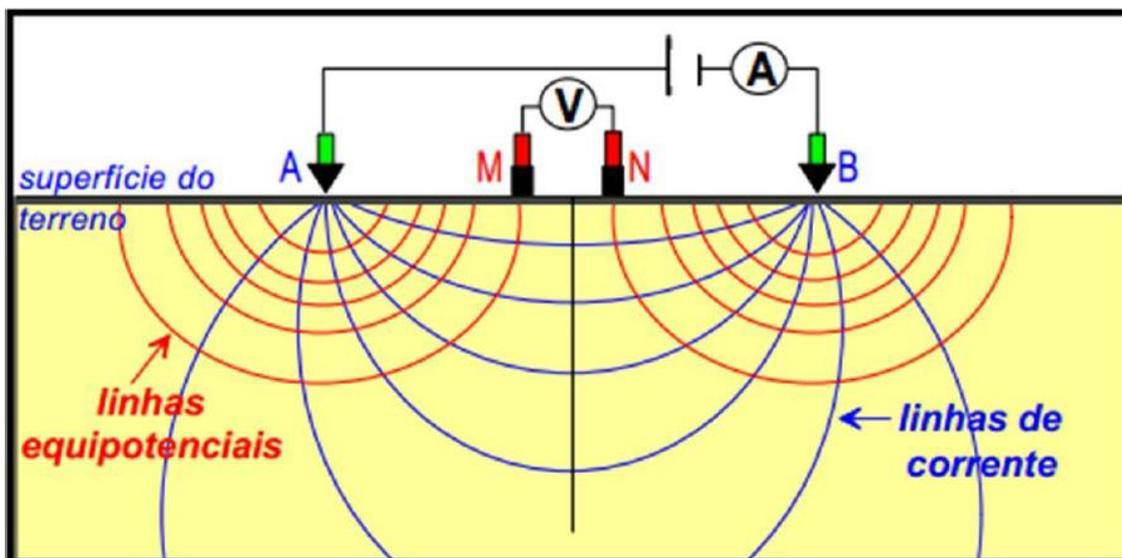


Figura 20: Mostra como se comportam as grandezas físicas se comportam ao serem aplicadas ao solo, dependendo do arranjo feito. Ao sabermos a corrente e a diferença de potencial, é possível sabermos a resistência, logo sabemos a resistividade. Fonte: Sotelo (2019)

Essa técnica de aquisição de dados apresenta vantagens significativas para pesquisadores que investigam alvos rasos, solo coberto, agronomia, manejo de resíduos, e investigações civis e ambientais. (Quady, 2019, pg. 10)

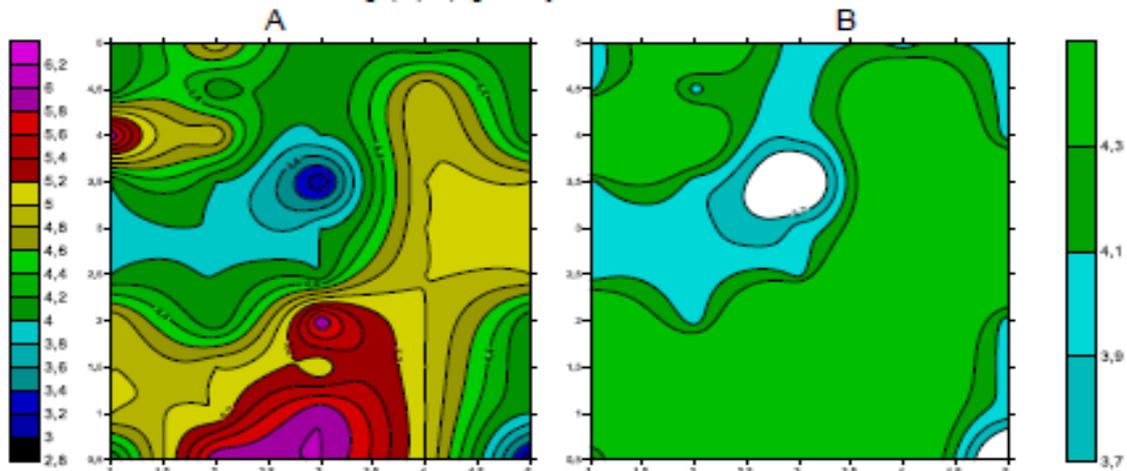


Figura 21: Acima uma imagem feita num cerrito, mostrando que esse método já foi utilizado na arqueologia, as diferenças de cores são as diferenças de resistividades presentes em diferentes materiais. Fonte: Sanhudo (2017)

De acordo com Moura et al (2018), há um agama de arranjos que podem ser feitos com as quatro estacas de bronze, ou qualquer outro material condutor de eletricidade, dependendo da profundidade e qualidade da imagem que queremos obter, sendo os mais usados dipole-dipolo, Wenner e Schlumberger. Através da injeção de corrente por duas dessas estacas, enquanto as outras duas irão medir a diferença de potencial, conseguindo assim saber a resistividade.

Arranjo	Fator geométrico (k)	Disposição dos eletrodos	Principais aplicações em arqueologia
Werner	$K = 2\pi a$	Distribuição linear equidistante. Profundidade igual a distância de A e B	Bom desempenho para abordar extensas áreas e obtenção de planos de resistividade.
Schlumberger	$K = \frac{\pi l(l+a)}{a}$	Distribuição linear. AB equidistante de MN. Profundidade igual a distância de AN	Ideal para obtenção de perfis estratigráficos de locais previamente identificados
Dipolo-dipolo	$K = \pi n(n+1)(n+2)a$	Distribuição linear. AB e MN equidistantes. Profundidade igual a distância de BM.	Ideal para obtenção de perfis estratigráficos muito extensos.

Tabela 4: Os tipos de arranjos mais comumente usados e suas aplicações.

Fonte: Sanhudo (2017)

Sanhudo (2017) demonstra que é possível usar o método da sondagem elétrica vertical para uma análise progressiva a escavação, no sítio Pavão 01, composto por Cerritos próximo a margem do canal São Gonçalo na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul. Pela mesma razão da sísmica, o eletrorresistivímetro seria possível de usar no Morro das Pedras, embora seus princípios sejam diferentes. Ao contrário do GPR esses dois possuem muito mais funcionalidade no caso do RS-100.

3.4 Discussão dos métodos

Os métodos a serem aplicados no sítio RS-100 foram escolhidos com base na Tabela 2, que indica as resoluções tanto vertical, como horizontal de cada método e se também já foram utilizados para fins arqueológicos. Cada um oferece vantagens e desvantagens para a pesquisa e processo de campo e escavação. Todos os métodos escolhidos são de natureza ativa, uma vez que é necessário a aplicação de algum estímulo para realizar a medição (KEAREY, 2002).

Como já citado anteriormente, foram feitos dois poços-testes no sítios RS-100 em 1967. Esses poços servirão de norte para a pesquisa geofísica, mesmo que

quando foram abertos não tenha sido feita uma perfilagem geofísica, pois sabendo de antemão o que tem em algumas partes do sítio já temos um ponto de partida e não saímos a esmo, porque mesmo os métodos geofísicos sejam eficazes para ver embaixo da terra, é necessário ter um plano de ação, para posteriormente ser feito um outro plano de ação, nesse caso, a escavação.

O GPR foi escolhido por já ser amplamente utilizado em pesquisas arqueológicas, principalmente na área de estudo desse trabalho, ou seja, o litoral norte, especificamente a cidade de Torres (WAGNER 2009). O GPR é de fácil utilização e fornece dados confiáveis em relação aos sítios arqueológicos, pois se mostra muito sensível a perturbações em subsuperfície. A desvantagem dele em relação ao sambaqui do Morro das Pedras, é que perderíamos tempo limpando a quantidade de matagal que tem em cima dele, para então podermos passar o carrinho do aparelho por cima.

A sísmica, muito parecida com o GPR em questão de propriedades físicas e como mede-se essas mesmas propriedades, complementar os dados obtidos pelo GPR. Além do mais, a sísmica de refração não necessita de grandes estímulos somente uma marreta gerando ondas sonoras em direção ao terreno. Tem vantagem em relação ao GPR pois não necessária ficar caminhando com o equipamento pelo terreno, somente fixando os geofones ao chão e provocando essa perturbação anteriormente citada, além de não precisar fazer a limpeza do terreno.

A sondagem elétrica vertical tem a vantagem de podermos expandir para além dos limites do sítio no caso de quisermos entender os arredores do sítio, porque o método em si é mais rápido que os outros, uma vez que é somente apertar um botão para soltar o pulso de corrente, além disso seus vários arranjos nos permitem uma melhor forma de visualizar em subsuperfície. Contudo, sua desvantagem é em relação ao terreno e o ambiente, por ser um local alagadiço, pode ser que tenha alguma interferência, o ideal seria não fazer em época de chuva.

Considerações Finais

Sambaquis têm em si um grande potencial arqueológico, isso é um fato muito bem consolidado quando olhamos para outros lugares e vemos as pesquisas de estados como Santa Catarina e Rio de Janeiro, porém quando vemos o caso do Rio Grande do Sul pode-se perceber poucas iniciativas de pesquisas nessa área. Mesmo não tendo a monumentalidade dos sítios a norte, os sítios do litoral gaúcho têm a capacidade de nos dar informações tanto quantos os outros.).

Além de todo o escopo arqueológico que contém, há a correlação com a geologia, uma vez que para compreender o povoamento do litoral norte é imprescindível entender como se deu há milhares de anos a formação da planície costeira do Rio Grande do Sul e como os grupos que aqui se instalaram se adaptaram ao ambiente, a paleopaisagem, uma vez que o planeta é um sistema dinâmico, mesmo não parecendo para nós humanos, com uma expectativa de vida de 70 anos, o planeta terra está em constante mudança impossível de ver nesse nosso tempo de vida, mas muito possível de ver através dos registros que as rochas nos deixam.

A metodologia geofísica vem para somar a toda essa pesquisa arqueológica, como uma ferramenta útil, uma forma de traçar um plano antes de escavarmos. Os métodos que foram escolhidos para esse trabalho possuem características que podem se encaixar muito bem ao estudarmos sambaquis. O GPR já foi utilizado em escavações no Rio Grande do Sul, mostrando ótimos resultados. A sísmica sendo bem análoga ao GPR, apenas utilizando tipos de ondas diferentes foi escolhida porque o sambaqui está abaixo de várias árvores e um matagal um pouco mais denso do que deveria, então a sísmica pouparia tempo, já que o GPR é um carrinho que precisa de um lugar razoavelmente limpo para passar. Sendo a sísmica somente a fixação de alguns geofones no terreno, não precisa de toda essa limpeza que nem para o GPR.

Diferente dos outros dois já citados, a sondagem elétrica vertical foi escolhida por apresentar uma espécie de funcionamento diferente, e semelhante a sísmica, somente quatro estacas fincados ao chão que receberão aplicação de

corrente e tensão podem dar um belo resultado, uma vez que dependendo dos arranjos que escolhermos obtemos imagens com profundidades e resoluções diferentes. Para além do sítio, esse tipo de sondagem é excelente pra os arredores, pois como já discutimos nesse trabalho é imprescindível a compreensão a paleopaisagem, e a sondagem elétrica vertical consegue criar perfis de mais de quilômetro em um dia, poupando tempo e dinheiro daqueles que buscam fazer uma pesquisa arqueológica de qualidade.

Embora a geofísica já venha sendo utilizada na arqueologia há décadas, é possível perceber uma certa timidez dos arqueólogos em se aventurar mais em outras técnicas que não o GPR, principalmente no Brasil. Talvez com mais investimentos e também quanto mais as pessoas verem que a física não é uma Hidra para termos que cortar as sete cabeças e sim uma aliada à pesquisa arqueológica, como tantas outras disciplinas são tão bem integradas aos estudos, conseguiremos avançar mais ainda.

Referências Bibliográficas

ASSINE, Mario Luis; SOARES, Paulo César. *Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil*. *Quaternary International*, v. 114, n. 1, p. 23-34, 2004.

BROCHADO, José Proenza; SCHMITZ, Pedro Ignácio. *Petroglifos do estilo de pisadas no rio grande 00 sul*. *Estudos Ibero-Americanos*, v. 2, n. 1, p. 93-146, 1976.

EL-QADY, Gad; METWALY, Mohamed; DRAHOR, Mahmut Göktuğ. *Geophysical techniques applied in archaeology*. In: *Archaeogeophysics*. Springer, Cham, 2019. p. 1-25.

FARIA, L. de Castro. *Edgar Roquette-Pinto*. *Revista do Museu Paulista*, v. 10, 1958

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. *The feynman lectures on physics*; vol. i. *American Journal of Physics*, v. 33, n. 9, p. 750-752, 1965.

GANDOLFO, Otávio CB et al. *Estratigrafia rasa da Ilha Comprida (SP): Um exemplo de aplicação do GPR*. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 19, p. 251-262, 2001.

GASPAR, Madu. *Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro*. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 1999.

HEWITT, Paul G. *Conceptual physics*. Pearson Educación, 2002.

KEAREY, Philip; BROOKS, Michael; HILL, Ian. *An introduction to geophysical exploration*. John Wiley & Sons, 2002.

KENT, R. W.; STOREY, M.; SAUNDERS, A. D. *Large igneous provinces: Sites of plume impact or plume incubation?*. *Geology*, v. 20, n. 10, p. 891-894, 1992.

KERN, Arno Alvarez. *Paleo-paisagens e povoamento pré-histórico do Rio Grande do Sul*. *Estudos Ibero-Americanos*, v. 8, n. 2, p. 153-208, 1982.

KERN, Arno Alvarez. *Antecedentes indígenas: problemáticas teórico-metodológicas das sínteses sobre a pré-história regional*. *Rev. do Mus. Arqueol. e Etnol.*, p. 15-24, 1998.

LIMA, Tania Andrade. *Em busca dos frutos do mar os pescadores-coletores do litoral centro-sul do Brasil*. *Revista Usp*, n. 44, p. 270-327, 1999.

MANZOLLI, Rogério Portantiolo. *Gênese e evolução do sistema laguna-barreira da feitoria*. 2016.

Moura, Cássio Stein, et al. "Different Approaches on the Investigation of Ground Water." *Journal of Earth Science and Engineering* (2018).

PIRES, Júlio César Gall et al. *Desenvolvimento de um método para determinar o grau de vulnerabilidade local de aquíferos subterrâneos livres usando sísmica de refração*. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019

Piva, Gian Lucca do Carmo. *Interpretação sísmica e de perfilação geofísica na análise de camadas geológicas no sul do Brasil*. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre; 2020

ROCKETT, Gabriela Camboim. *Campo de dunas de Itapeva (Torres-RS): geomorfologia, evolução e gestão costeira*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016

SANHUDO, Marcelo da Silva. *Arquitetura invisível: mapeamento arqueogeofísico do Sítio Pavão 01..* Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2017

SCHWARZBOLD, Albano; SCHÄFER, Alois. *Gênese e Morfologia das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul-Brasil*. Amazoniana: Limnologia et Oecologia Regionalis Systematis Fluminis Amazonas, v. 9, n. 1, p. 87-104, 1984.

SOTELO, Daniela Govoni et al. *Investigação de reservatórios de água subterrânea na região central do estado do Rio Grande do Sul através do método geométrico da resistividade*. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019

TOMAZELLI, Luiz J.; VILLWOCK, Jorge A. *Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul*. Gravel, v. 3, n. 1, p. 110-115, 2005.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. *Notas Técnicas*. 1995.

WAGNER, Gustavo Peretti et al. *Sambaquis da barreira da Itapeva: uma perspectiva geoarqueológica*. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

WAGNER, Gustavo Peretti; SILVA, Lucas Antonio da; HILBERT, Lautaro Maximilian. *O Sambaqui do Recreio: geoarqueologia, ictioarqueologia e etnoarqueologia*. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, v. 15, 2020.

WAGNER, Gustavo Peretti. *Interpretação do Paleoambiente do Sambaqui do Recreio: Uma análise Geofísica e Paleogeográfica*. Cadernos do LEPAARQ (UFPEL), v. 5, n. 9/10, p. 64-81, 2008.

