

## Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

ANÁLISE PALEOMAGNÉTICA DA FORMAÇÃO CERRO NEGRO, GRUPO LA  
PROVIDENCIA (EDIACARANO, ARGENTINA)

Manoela Machado Papel

Orientador – Prof. Dr. Giancarlo Scardia

Rio Claro (SP)

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Campus de Rio Claro

MANOELA MACHADO PAPEL

ANÁLISE PALEOMAGNÉTICA DA FORMAÇÃO CERRO  
NEGRO, GRUPO LA PROVIDENCIA (EDIACARANO,  
ARGENTINA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -  
Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual  
Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção  
da graduação em Geologia.

Rio Claro - SP

2018

P214a      Papel, Manoela Machado  
Análise Paleomagnética da Formação Cerro Negro, Grupo La Providencia (Ediacarano, Argentina) / Manoela Machado Papel. -- Rio Claro, 2018  
101 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro  
Orientador: Giancarlo Scardia

1. Paleomagnetismo. 2. Formação Cerro Negro. 3. Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Ediacarano. 4. Argentina. I. Título. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

MANOELA MACHADO PAPEL

ANÁLISE PALEOMAGNÉTICA DA FORMAÇÃO CERRO  
NEGRO, GRUPO LA PROVIDENCIA (EDIACARANO,  
ARGENTINA)

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas - Campus de Rio Claro,  
da Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, para obtenção da  
graduação em Geologia.

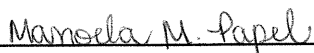
Comissão Examinadora

Prof. Dr. Giancarlo Scardia (orientador)

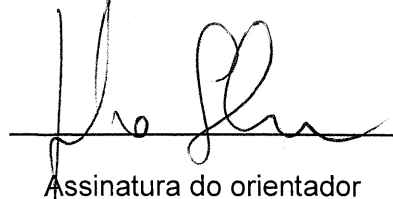
Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren

Prof. Dr. Walter Malagutti Filho

Rio Claro, 06 de dezembro de 2018.



Assinatura da aluna



Assinatura do orientador

## AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento mais que especial à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), por acreditar no meu trabalho e financiar a minha pesquisa (Proc. 2016/25450-7). Sem esse auxílio, nada disto seria possível. Muito obrigada.

Ao meu orientador, Giancarlo Scardia, por toda calma e paciência. Agradeço por todo o aprendizado, pelo carinho e por me guiar nesse caminho do conhecimento.

Ao professor Lucas Warren, por me ensinar tanto e por ser atencioso em qualquer momento de dúvida.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus Rio Claro, pela estrutura oferecida, que tornou possível diversas etapas desse trabalho. Um agradecimento em especial ao Júnior por me auxiliar na preparação das amostras.

À equipe do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), em especial à Dani Brandt, que me auxiliou durante as fases de trabalho no Laboratório de Paleomagnetismo. Agradeço ao IAG por me permitir desfrutar de sua estrutura.

À Maria Julia Arrouy, referência na área de estudo deste trabalho. Obrigada pela gentileza, atenção e solicitude ao esclarecer diversas dúvidas durante a elaboração deste projeto.

Aos amigos que estão na minha vida desde antes da graduação e, mesmo com a distância, estiveram sempre por perto e foram luz em dias difíceis.

À Débora, um anjo que me acolheu em meio a tantas mudanças e incertezas. Obrigada por toda a ajuda, suporte e, acima de tudo, pela amizade.

Aos amigos que a universidade me trouxe. Com vocês eu descobri todas as maravilhas desse mundo geológico (e também todas as dificuldades). Em especial aos integrantes do “Bonde”: vocês serão sempre parte da minha história e eu sou muito grata por ter vocês ao meu lado em cada fase de aprendizado e tenho orgulho de ter acompanhado o crescimento profissional e, principalmente, pessoal de cada um. Sorte a nós.

Um agradecimento em especial à pessoa que mais me deu suporte durante toda a graduação. Obrigada, Gabriel, por ser meu companheiro nessa jornada e por dividir tanto comigo. Não sei como expressar minha imensa gratidão pelo apoio incansável, por todas as palavras reconfortantes e pela absoluta confiança em mim. A você, todo meu carinho.

Por fim, mas de incomparável importância, aos meus pais, Carlos e Diva, e às minhas irmãs, Francine e Pollyana, que sempre estiveram ao meu lado. Obrigada por todo o apoio e, principalmente, por todo o amor. Agradeço por serem guardiões a cada passo meu em direção ao desconhecido, por serem luz a cada momento de angústia e por serem paz a todo momento. A vocês, meu mais sublime amor.

*“(...) has come into my thoughts again and again and always happily – the idea that geology is the music of the Earth.”*

*(Hans Cloos)*

## RESUMO

A área referente ao Neoproterozoico na Argentina é relativamente restrita e há considerável falta de dados sobre a exatidão da idade das rochas sedimentares locais e sobre a paleogeografia do ambiente de deposição. A migração aparente dos polos magnéticos, que define a posição das placas no tempo, é bem documentada para o Gondwana no período entre 550-500 Ma, porém há carência desses dados no intervalo entre 600-550 Ma e a análise paleomagnética da Formação Cerro Negro, Grupo La Providencia, Argentina, de idade ediacarana, pode contribuir para o conhecimento paleomagnético deste intervalo. Foram estudadas três coleções de rochas, uma de afloramento (CA) e dois testemunhos (TSE-13 e TA-21). Foram isoladas três componentes em cada conjunto de amostras, denominadas A, B e C. A componente A, de baixa estabilidade, das três coletâneas apresentaram grande dispersão dos dados e, por isso, resultados de estatística não confiáveis, com erros altos. A componente B, muito difundida, é considerada secundária, resultante de processos de remagnetização ocorridos entre o Permiano e o Triássico. Na coleção CA, a componente B, desbloqueada em temperaturas em torno de 350 °C, apresenta direção média em Dec: 356,2, Inc: -29,7 (n: 17 e  $\alpha_{95}$ : 9,3). Na coleção TSE-13, a componente B possui temperaturas de desmagnetização  $\leq 350$  °C, com direção média em Dec: 8,9, Inc: -37,4 (n: 21 e  $\alpha_{95}$ : 10,4). No testemunho TA-21, a componente B, de dupla polaridade, com temperaturas de desbloqueio  $\leq 625$  °C, possui direção média em Dec: 8,1, Inc: -50,7 (n: 46 e  $\alpha_{95}$ : 6,3). A componente C do poço TA-21, também constatada como secundária, com dupla polaridade e temperaturas de desmagnetização  $\leq 675$  °C, apresenta Dec: 12,2, Inc: -38,7 (n: 61 e  $\alpha_{95}$ : 4,7). Já a componente C da coleção TSE-13 foi a única componente isolada que carrega a magnetização característica das rochas, transportada por hematita (temperaturas entre 600-675°C), com Dec: 40,4, Inc: 45,0 (n: 9 e  $\alpha_{95}$ : 12,3). Os resultados de amostras remagnetizadas não podem ser utilizados em cálculos de paleolatitudes ou de pólos magnéticos virtuais. Contudo, valor médio de inclinação da componente originária C (TSE-13), forneceu uma paleolatitudes de 26,6° e sugere que as rochas da Fm. Cerro Negro se depositaram durante uma polaridade normal no hemisfério Norte ou o craton de La Plata experimentou uma rotação de acerca 180°.

**Palavras-chave:** Paleomagnetismo, Formação Cerro Negro, Ediacarano, Argentina.



## ABSTRACT

The Neoproterozoic area in Argentina is relatively restricted and there is a considerable lack of data on the accuracy of the age of the local sedimentary rocks and the paleogeography of the depositional environments. The apparent migration of the magnetic poles, which defines the position of the plates in time, is well documented for Gondwana in the period between 550-500 Ma, but there is a scarcity of such data in the interval between 600-550 Ma. A paleomagnetic analysis of the Cerro Negro Formation, La Providencia Group, Argentina, Ediacaran, can contribute to the paleomagnetic knowledge of this interval. Three rock collections, one outcrop (CA) and two cores (TSE-13 and TA-21) were studied. Three components were isolated in each set of samples, named A, B and C. The low stability A component of the three collections shows a large dispersion of data and, therefore, unreliable statistical results with high errors. The B component, very widespread, is considered secondary, resulting from remagnetization processes between Permian and Triassic. In CA collection, the B component, unlocked at temperatures around 350 °C, shows mean direction Dec: 356.2, Inc: -9.7 (n: 17 and  $\alpha_{95}$ : 9.3). In TSE-13 collection, component B reveal demagnetizing temperatures  $\leq 350$  °C, with mean direction Dec: 8.9, Inc: -37.4 (n: 21 and  $\alpha_{95}$ : 10.4). In TA-21, dual-polarity component B, with unblocking temperatures  $\leq 625$  °C, shows mean direction Dec: 8.1, Inc: -50.7 (n: 46 and  $\alpha_{95}$ : 6.3). The C component of the TA-21 core, also establish secondary, with dual-polarity and demagnetization temperatures  $\leq 675$  °C, shows Dec: 12.2, Inc: -38.7 (n: 61 and  $\alpha_{95}$ : 4.7). The C component of the TSE-13 collection was the only isolated component that carries the characteristic magnetization of the rocks, transported by hematite (temperatures between 600-675 °C), with Dec: 40.4, Inc: 45.0 (n: 9 and  $\alpha_{95}$ : 12.3). The results of remagnetized samples can not be used in paleolatitude or virtual magnetic poles calculations. However, the mean value of inclination of component C (TSE-13), provided a paleolatitude of 26.6° and suggests that the Cerro Negro Fm. was deposited during a normal polarity in the Northern Hemisphere or that the craton of La Plata experienced a rotation of about 180 °.

**Key-words:** Paleomagnetism, Cerro Negro Formation, Ediacarano, Argentina.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Frequência de inversões do campo magnético da Terra desde o Ediacarano até o presente (Biggin <i>et al.</i> 2012; Meert <i>et al.</i> 2016). A taxa de inversões no Ediacarano é estimada ser 2-3 vezes maior que ao longo do Fanerozoico. ....	13
<b>Figura 1.2</b> – A) Localização e mapa geológico da área de estudo, B) com a litoestratigrafia geral e C) a seção colunar detalhada da Fm. Cerro Negro.....	15
<b>Figura 2.1</b> – Migração aparente dos polos magnéticos do Gondwana. Destaca-se a falta de informações sobre a posição do polo magnético entre 630 Ma e 550 Ma....	17
<b>Figura 3.1</b> – Reconstrução esquemática da paleogeografia do Sudeste de Gondwana durante o fim do Ediacarano, com ocorrências fósseis. ....	18
<b>Figura 4.1</b> – A) Localização do Sistema Tandilia e B) unidades que o compõem, com posição das principais cidades da região. ....	19
<b>Figura 4.2</b> – Contexto litoestratigráfico geral do Sistema Tandilia.....	21
<b>Figura 4.3</b> – Mapa geológico da região de Sierras Bayas - Olavarría. ....	22
<b>Figura 5.1</b> – A) Localização da área de estudo e distribuição das pedreiras. B) Pedreira La Cabañita, com localização dos pontos de coleta das amostras. C) Pedreira Alicia, com localização dos pontos de coleta das amostras. ....	28
<b>Figura 5.2</b> – Seção La Cabañita, com posição estratigráfica das amostras, pertencentes à Fm. Cerro Negro. As siglas na base do desenho representam as frações granulométricas, sendo: Ar = argila; S = silte; Af = areia fina e Am = areia média. ....	30
<b>Figura 5.3</b> – Seção colunar do testemunho TSE-13. A porção estudada se encontra de 21,38 a 42,54 m. ....	31
<b>Figura 5.4</b> – Seção colunar do testemunho TA-21. A porção estudada se encontra entre 44,1 a 102,8 m. Fonte: Modificado de Arrouy (2015). ....	32
<b>Figura 5.5</b> – A) e B) Material PVC utilizado para auxiliar na medição do máximo rumo de mergulho das amostras de testemunho. ....	33
<b>Figura 5.6</b> – Serra da ASC Scientific, utilizada para o corte das amostras. ....	34
<b>Figura 5.7</b> – Peça de madeira utilizada para auxiliar os cortes das amostras, feita sob medida para a serra utilizada. ....	35
<b>Figura 5.8</b> – Resultados obtidos para a amostra CA17, exemplificando, em sentido horário, a plotagem dos vetores de magnetização em estereograma, o diagrama de Zijderveld, os valores vetoriais e a sua curva de desmagnetização. ....	38
<b>Figura 5.9</b> – Exemplo de construção de um diagrama de Zijderveld. Projeção de dados no A) plano horizontal e no B) plano vertical, gerando o C) diagrama, a partir da combinação de ambos. ....	39
<b>Figura 5.10</b> – Exemplo de cálculo de componente principal na amostra TSE-13-12.21. ....	40
<b>Figura 6.1</b> – Estereogramas (esquerda) e diagramas de Zijderveld (direita) das amostras (A) CA 13 e (B) CA 14, mostrando, respectivamente, inclinação positiva e	

negativa. Nos diagramas de Zijderveld, os pontos brancos indicam a inclinação e os pretos a declinação dos vetores magnéticos.....	44
<b>Figura 6.2</b> – Estereograma da amostra CA 22, com desenho de um grande círculo, no qual se encontram os dados e diagrama de Zijderveld com pontos se distanciando e retornando à origem. ....	45
<b>Figura 6.3</b> – A) Estereograma, B) diagrama e C) curva de desmagnetização da amostra CA 14, evidenciando comportamento da componente A.....	46
<b>Figura 6.4</b> – Estereograma com dados de Declinação e Inclinação das amostras da coleção CA que contêm a componente A. ....	47
<b>Figura 6.5</b> – Estereograma com dados das amostras da coleção CA que carregam a componente B. ....	48
<b>Figura 6.6</b> – Exemplos de amostras da coleção CA que carregam A) apenas a componente B (CA 04) e B) componentes B e C (CA 16).....	48
<b>Figura 6.7</b> – Estereograma com dados das amostras da coleção CA que carregam a componente C.....	49
<b>Figura 6.8</b> – A) Estereograma, B) diagrama e C) curva de desmagnetização da amostra CA 13, exemplificando o comportamento da componente C.....	50
<b>Figura 6.9</b> – Dados de susceptibilidade (k), NRM, declinação e inclinação das amostras da seção La Cabañita, dispostas conforme suas posições estratigráficas. ....	51
<b>Figura 6.10</b> – Tipos de resultados (estereogramas e diagramas de Zijderveld) encontrados para a coleção TSE-13. Amostras A) TSE13-12.21; B) TSE13-11.48; C) TSE13-04.86; D) TSE13-00.14. ....	53
<b>Figura 6.11</b> – Estereograma com dados de ambas coleções, CA e TSE-13, em relação à componente A. ....	54
<b>Figura 6.12</b> – Estereograma com dados das amostras que carregam a componente B na coleção TSE-13. ....	55
<b>Figura 6.13</b> – Estereogramas com A) dados das amostras da coleção TSE-13 que carregam a componente C e B) aplicação da estatística de Fisher. ....	56
<b>Figura 6.14</b> – Dados de susceptibilidade (k), NRM, declinação e inclinação das amostras do testemunho TSE-13, posicionadas conforme suas profundidades. As cores representam as colorações das amostras da coleção TSE-13, esverdeadas, cinzas e vermelhas.....	57
<b>Figura 6.15</b> – Tipos de diagramas da coleção TA-21, exemplificados pelas amostras A) TA-21-53.60 B) TA-21-87.40 C) TA-21-50.29 D) TA-21-47.31 E) TA-21-82.40 e F) TA-21-81.90. ....	59
<b>Figura 6.16</b> – Dados de todas as componentes (n = 217) calculadas para a coleção TA-21. ....	60
<b>Figura 6.17</b> – Amostras A) TA-21-67.95 e B) TA-21-68.46, exemplificando componente A (pontos vermelhos) bem desenvolvida na coleção TA-21.....	61
<b>Figura 6.18</b> – Estereograma com dados de amostras que carregam a componente A na coleção TA-21. ....	61
<b>Figura 6.19</b> – Estereogramas com A) dados das amostras que carregam a componente B na coleção TA-21, com direções médias para cada uma das	

polaridades e B) estatística de Fisher após conversão dos dados para o hemisfério superior. ....	62
<b>Figura 6.20</b> – Estereogramas com A) dados das amostras que carregam a componente C na coleção TA-21, com direções médias para cada uma das polaridades e B) estatística de Fisher após conversão dos dados para o hemisfério superior. ....	63
<b>Figura 6.21</b> – Representação simplificada do testemunho TA-21. ....	65
<b>Figura 6.22</b> – Dados de susceptibilidade (k), NRM, declinação e inclinação das amostras do testemunho TA-21, dispostas de acordo com suas profundidades. ....	66
<b>Figura 7.1</b> – Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente B (Coleção CA). ....	68
<b>Figura 7.2</b> – Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente B (Coleção TSE-13). ....	68
<b>Figura 7.3</b> – Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente C (Coleção TSE-13). ....	69
<b>Figura 7.4</b> – Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente B (Coleção TA-21). ....	70
<b>Figura 7.5</b> – Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente C (Coleção TA-21). ....	70
<b>Figura 7.6</b> – Direções e inclinações médias (pontos centrais de cada cor) das componentes denominadas B e C, para todas as coleções, neste trabalho, e para todas as componentes reconhecidas por Rapalini <i>et al.</i> (2013), com círculos representativos de $\alpha_{95}$ (erro). Os pontos centrais sólidos caracterizam inclinações positivas, enquanto os abertos, negativas. ....	73
<b>Figura 7.7</b> – Curva de migração aparente (APWP) dos pólos magnéticos para o Cráton Rio de La Plata. ....	78

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 5.1</b> – Coordenadas dos pontos de coleta e número de amostras por coleção. ....	29
<b>Tabela 7.1</b> – Resumo dos valores estatísticos das componentes isoladas neste trabalho e no de Rapalini <i>et al.</i> (2013). ....	73
<b>Tabela 7.2</b> – Dados dos pólos paleomagnéticos, calculados neste trabalho e definidos por Rapalini <i>et al.</i> (2013). Dp e Dm são parâmetros dos círculos de confiança associados aos pólos (vide item 5.5). ....	77

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>16</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>4. GEOLOGIA REGIONAL.....</b>	<b>19</b>
4.1. Grupo Sierras Bayas .....	22
4.1.1. Formação Villa Mónica .....	23
4.1.2. Formação Colombo .....	23
4.1.3. Formação Cerro Largo .....	24
4.1.4. Formação Olavarría.....	24
4.1.5. Formação Loma Negra.....	24
4.2. Grupo La Providencia.....	25
4.2.1. Formação Avellaneda.....	25
4.2.2. Formação Alicia.....	25
4.2.3. Formação Cerro Negro.....	25
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
5.1. Levantamento bibliográfico .....	27
5.2. Coleta das amostras .....	27
5.3. Preparação das amostras .....	33
5.4. Medições paleomagnéticas.....	35
5.5. Análise e interpretação dos dados .....	37
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
6.1. Coleção CA .....	43
6.1.1. Componentes (CA).....	45
6.1.2. Susceptibilidade e NRM .....	50
6.2. Coleção TSE-13.....	52
6.2.1. Componentes (TSE-13).....	53
6.2.2. Susceptibilidade e NRM .....	56
6.3. Coleção TA-21 .....	58
6.3.1. Componentes (TA-21) .....	59
6.3.2. Susceptibilidade e NRM .....	63
<b>7. DISCUSSÃO .....</b>	<b>67</b>

7.1. Análise do sinal paleomagnético .....	71
<b>8. CONCLUSÕES .....</b>	<b>79</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>81</b>

**APÊNDICE A – Dados das amostras da coleção CA (La Cabañita).**

**APÊNDICE B – Dados das amostras da coleção TSE-13.**

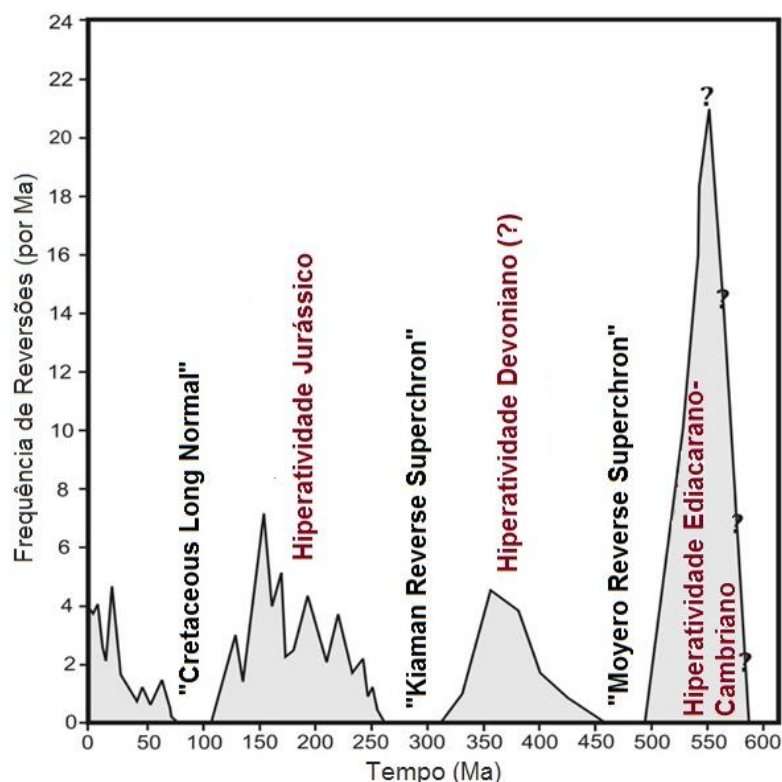
**APÊNDICE C – Dados das amostras da coleção TA-21.**

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos períodos mais importantes de inovação biológica ao longo da evolução da vida na Terra ocorreu em um intervalo de tempo relativamente curto, comumente conhecido como a Explosão Cambriana, há 541 Ma. A Explosão Cambriana foi precedida por vários eventos de extinção e/ou radiação, coletivamente conhecidos como Crise Kotliniana (Kolesnikov *et al.* 2015). A Crise Kotliniana é tentativamente vinculada ao intervalo de tempo entre 550 e 541 Ma, durante o qual elementos típicos da fauna de Ediacara foram extintos e observou-se o advento da mineralização controlada biologicamente e o começo de atividade de bioturbação vertical nos sistemas deposicionais de água rasa.

As explicações propostas para esse evento biológico são inúmeras e incluem tanto fatores extrínsecos (não biológicos), quanto intrínsecos (biológicos) (Landing & Westrop 2004; Meert & Lieberman 2008; Canfield *et al.* 2007; Erwin & Tweedt 2012; Lenton *et al.* 2014). Entre os fatores extrínsecos, um estudo recente de Meert *et al.* (2016) sugere uma inédita conexão entre geomagnetismo e inovação biológica que precisa ser testado em novas localidades do mesmo intervalo de tempo, tal como a Formação Cerro Negro, na Argentina.

Meert *et al.* (2016) consideram que os resultados de estudos paleomagnéticos conduzidos em rochas dos paleocontinentes Báltica e Sibéria documentaram a ocorrência de uma frequência muito alta de inversões do campo magnético terrestre, com taxas na ordem de 20-24 inversões por milhão de anos ( $\text{RMa}^{-1}$ ) (Levashova *et al.* 2013; Bazhenov *et al.* 2016) na parte superior do Ediacarano (Figura 1.1). Esta taxa de inversões é bem maior que a taxa máxima observada durante o Fanerozoico (8-10  $\text{RMa}^{-1}$ ; Biggin *et al.* 2012) e, além de gerar indagações interessantes sobre a dinâmica e a evolução do campo magnético terrestre ao longo do tempo geológico, abre também espaço à especulação sobre os efeitos que um campo magnético anômalo pode ter tido em relação aos organismos da época.



**Figura 1.1** - Frequência de inversões do campo magnético da Terra desde o Ediacarano até o presente (Biggin *et al.* 2012; Meert *et al.* 2016). A taxa de inversões no Ediacarano é estimada ser 2-3 vezes maior que ao longo do Fanerozoico. Fonte: Meert *et al.* (2016).

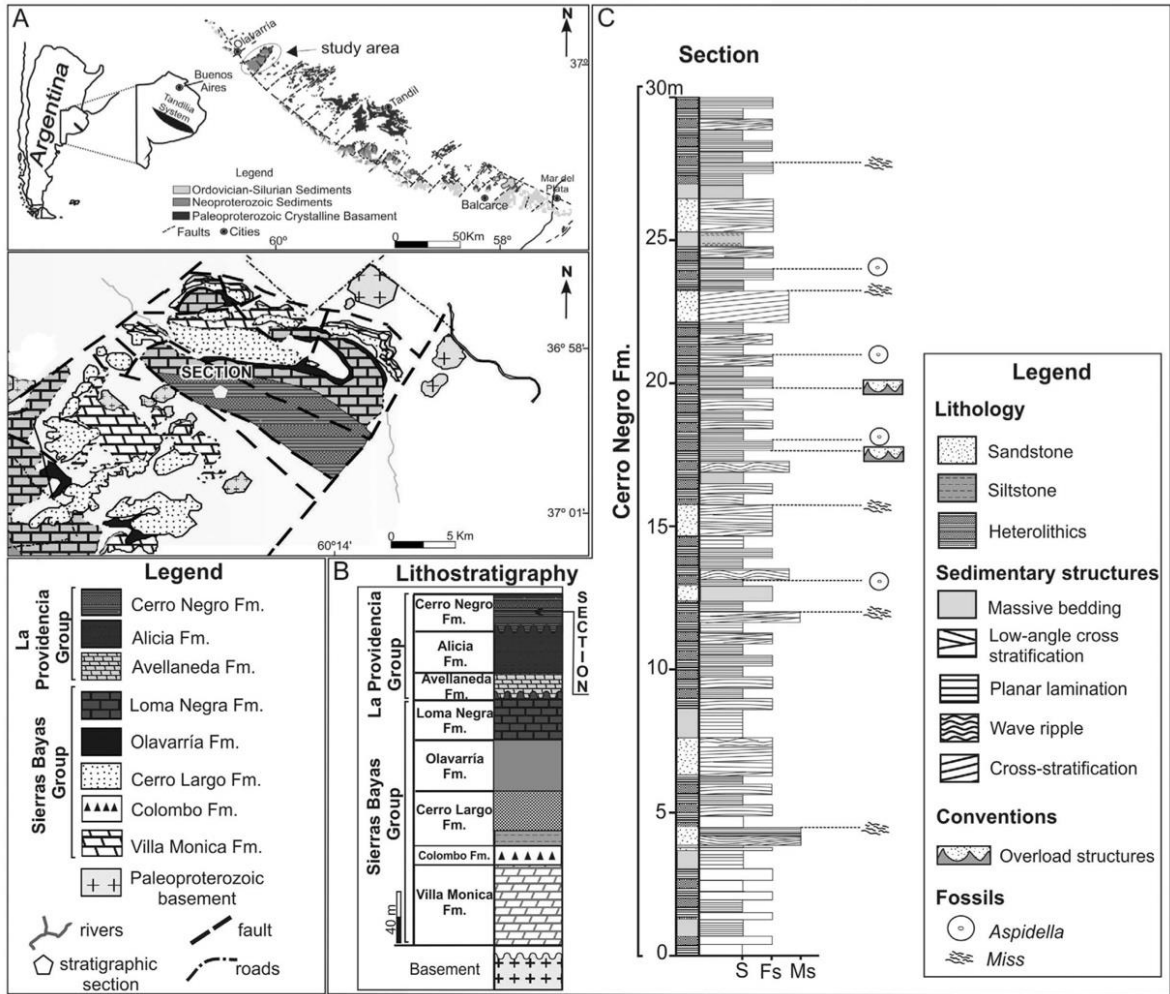
Começando por volta de 550 Ma e continuando durante a maior parte do Cambriano, o campo magnético da Terra experimentou uma alta taxa de inversões de polaridade. Modelos e estudos sobre a paleointensidade do campo magnético, indicam que frequentes inversões são ligadas a um dipolo mais fraco (Valet *et al.* 2005; Biggin *et al.* 2012; Tauxe *et al.* 2013). Por sua vez, um dipolo enfraquecido reduz as dimensões da magnetosfera que provê uma barreira à radiação cósmica de entrada. Meert *et al.* (2016) sugerem que os efeitos ambientais produzidos pelo colapso da magnetosfera podem incluir o aumento da dosagem de radiação UV-B no ambiente marinho raso. Consequentemente, o aumento da radiação UV-B teria fornecido a pressão seletiva, favorecendo organismos que podem evitar danos por UV-B, enterrando-se verticalmente e criando escudos de proteção por biomineralização. Essas mudanças aconteceram antes e prepararam a Explosão Cambriana, abrindo novos espaços ecológicos e produzindo inovações biológicas (bioturbação vertical e biomineralização) que foram parte da subsequente evolução.



Essa hipótese se baseia na correlação entre dados paleontológicos e evidências paleomagnéticas confinadas em contextos tectônicos, nos quais a deformação foi relevante. Rápidas mudanças de polaridades podem ser associadas a processos secundários de remagnetização que não são infrequentes em contextos de deformação tectônica e podem ser ligados a aquecimento por sepultamento ou circulação de fluidos termais (Font *et al.* 2012). Para comprovar a hipótese de Meert *et al.* (2016), que abre um cenário novo sobre os efeitos da dinâmica do campo magnético terrestre sobre a biosfera, é necessário testar a hipótese em um contexto tectônico completamente diferente para o mesmo intervalo de tempo.

Na última década, organismos fósseis de idade ediacarana pertencentes à chamada “Assembleia Nama” (550-541 Ma) foram documentados na América do Sul (Gaucher *et al.* 2005; Warren *et al.* 2011; Warren *et al.* 2014; Van Iten *et al.* 2014; Arrouy *et al.* 2016; Warren *et al.* 2017). *Cloudina sp.* é o principal fóssil guia do período Ediacarano e juntamente com *Corumbella sp.* formam os principais representantes dessa assembleia no continente sulamericano, ocorrendo, ao menos, em três distintas localidades no Brasil, Uruguai (apenas *Cloudina sp.*) e Paraguai.

Recentes estudos em sedimentos terrígenos da Formação Cerro Negro, Grupo La Providencia, porção Oeste do Sistema Tandilia, Neoproterozoico da Argentina (Arrouy *et al.* 2016) (Figura 1.2), revelaram a presença de milhares de exemplares de organismos de corpo mole característicos da denominada “White Sea Assemblage”, como *Aspidella*, *microbially induced sedimentary structures* (MISS) e icnofósseis.



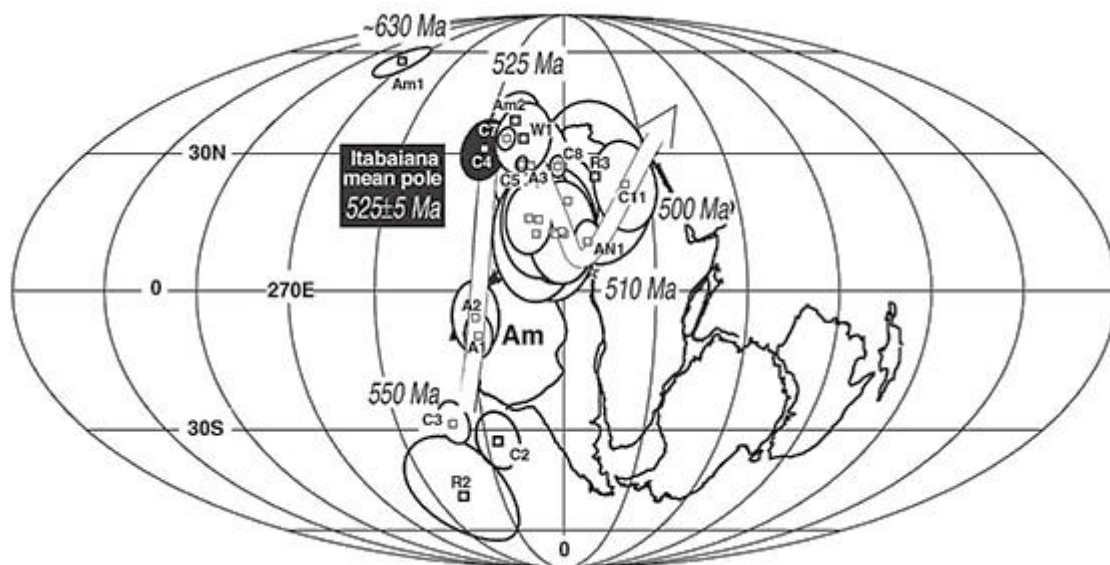
**Figura 1.2** - A) Localização e mapa geológico da área de estudo, B) com a litoestratigrafia geral e C) a seção colunar detalhada da Fm. Cerro Negro. Fonte: Arrouy *et al.* (2016).

## 2. JUSTIFICATIVA

A área referente ao Neoproterozoico na Argentina é relativamente restrita e há ainda uma considerável carência de dados sobre a exatidão da idade das rochas sedimentares locais, a delimitação da biozona dos organismos discóides e a paleogeografia do ambiente de deposição.

A Formação Cerro Negro, Grupo La Providencia, tem um grande potencial para realização de um estudo paleomagnético porque é objeto de um projeto multidisciplinar financiado pela FAPESP (proc. 2015/24608-3) e coordenado pelo Prof. Dr. Lucas V. Warren. No âmbito desse projeto são propostas análises paleontológicas, bioestratigráficas e geocronológicas que, integradas por uma investigação paleomagnética, podem permitir uma comparação com os estudos já desenvolvidos na Báltica, Sibéria e China (Chen 2002; Levashova *et al.* 2013; Shatsillo *et al.* 2016; Bazhenov *et al.* 2016). Ademais, novas análises paleomagnéticas podem fornecer informações complementares sobre a paleogeografia da Formação Cerro Negro, por meio da análise das paleolatitudes, e em uma escala mais regional, contribuir para a definição da posição do Cráton Rio de La Plata no Ediacarano.

Conforme os trabalhos disponíveis na literatura, nota-se que a migração aparente dos polos magnéticos, que define a posição das placas no tempo, é relativamente bem documentada para o Gondwana no período entre 550-500 Ma (Trindade *et al.* 2006). Contudo, o intervalo entre 600-550 Ma apresenta resolução ainda bastante baixa (Tohver *et al.* 2006) (Figura 2.1). A aquisição de dados da Fm. Cerro Negro, com idade definida pelo conteúdo fossilífero entre 565-550 Ma (Arrouy *et al.* 2016), possibilita enriquecer o conhecimento paleomagnético deste intervalo, além da aquisição de dados inéditos e confiáveis no Cráton Rio de La Plata.



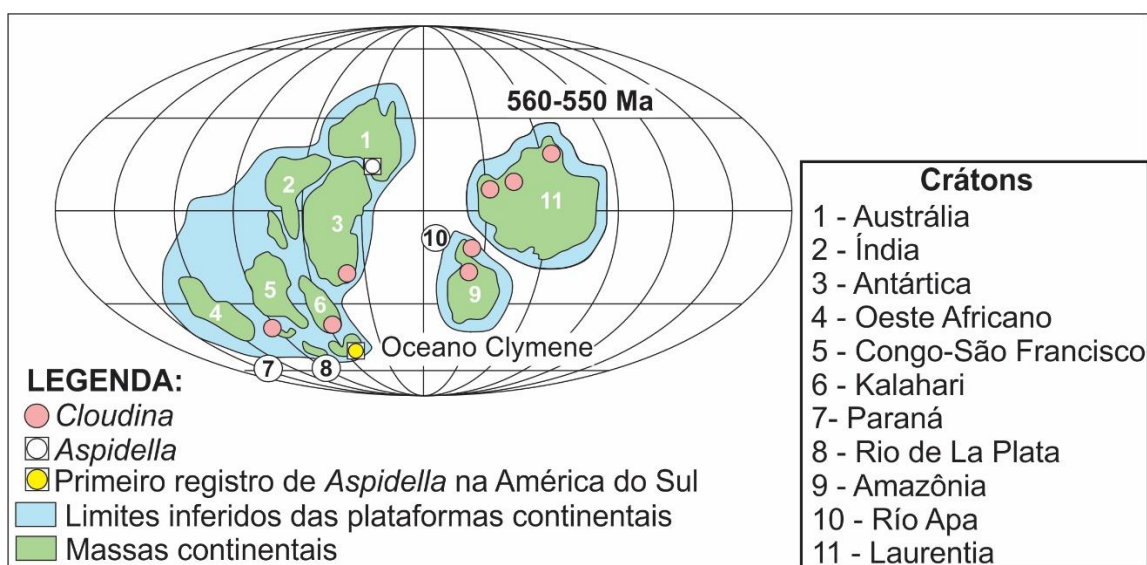
**Figura 2.1** - Migração aparente dos polos magnéticos do Gondwana. Destaca-se a falta de informações sobre a posição do polo magnético entre 630 Ma e 550 Ma. Fonte: Trindade *et al.* (2006).

### 3. OBJETIVOS

Os principais objetivos deste trabalho são:

- procurar definir as paleolatitudes deposicionais para integrar a interpretação paleogeográfica delineada pela análise de fácies;
- definir o polo virtual do Cráton Rio de La Plata com intenção de contribuir com a curva de migração aparente dos polos magnéticos;
- aprendizados sobre preparação de amostras e atividade de laboratório com equipamentos de geofísica, tais como magnetômetro, forno para desmagnetização térmica, desmagnetizador através de campos magnéticos alternados e medidor de susceptibilidade;
- comparar os dados obtidos com aqueles presentes na literatura.

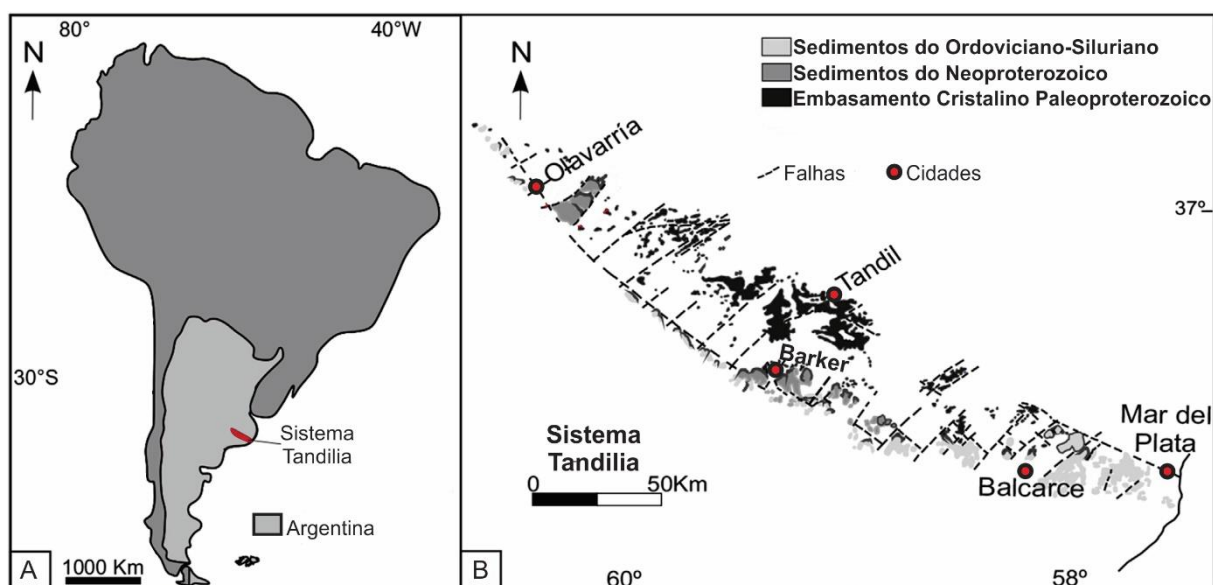
Como objetivos secundários, espera-se realizar a estratigrafia das polaridades magnéticas (magnetoestratigrafia) da Fm. Cerro Negro, Grupo La Providencia, para verificar a ocorrência deste grande número de inversões magnéticas e tentar fazer uma correlação magnetoestratigráfica com outras seções do Ediacarano em outros continentes do globo (Figura 3.1). Com os dados obtidos sobre as variações do campo magnético contidos na rocha, tentar compará-los com as inversões de polaridades já datadas com precisão na literatura, a fim de se obter a idade exata das rochas da sucessão sedimentar em estudo;



**Figura 3.1** - Reconstrução esquemática da paleogeografia do Sudeste de Gondwana durante o fim do Ediacarano, com ocorrências fósseis. Fonte: Modificado de Arrouy *et al.* (2016).

#### 4. GEOLOGIA REGIONAL

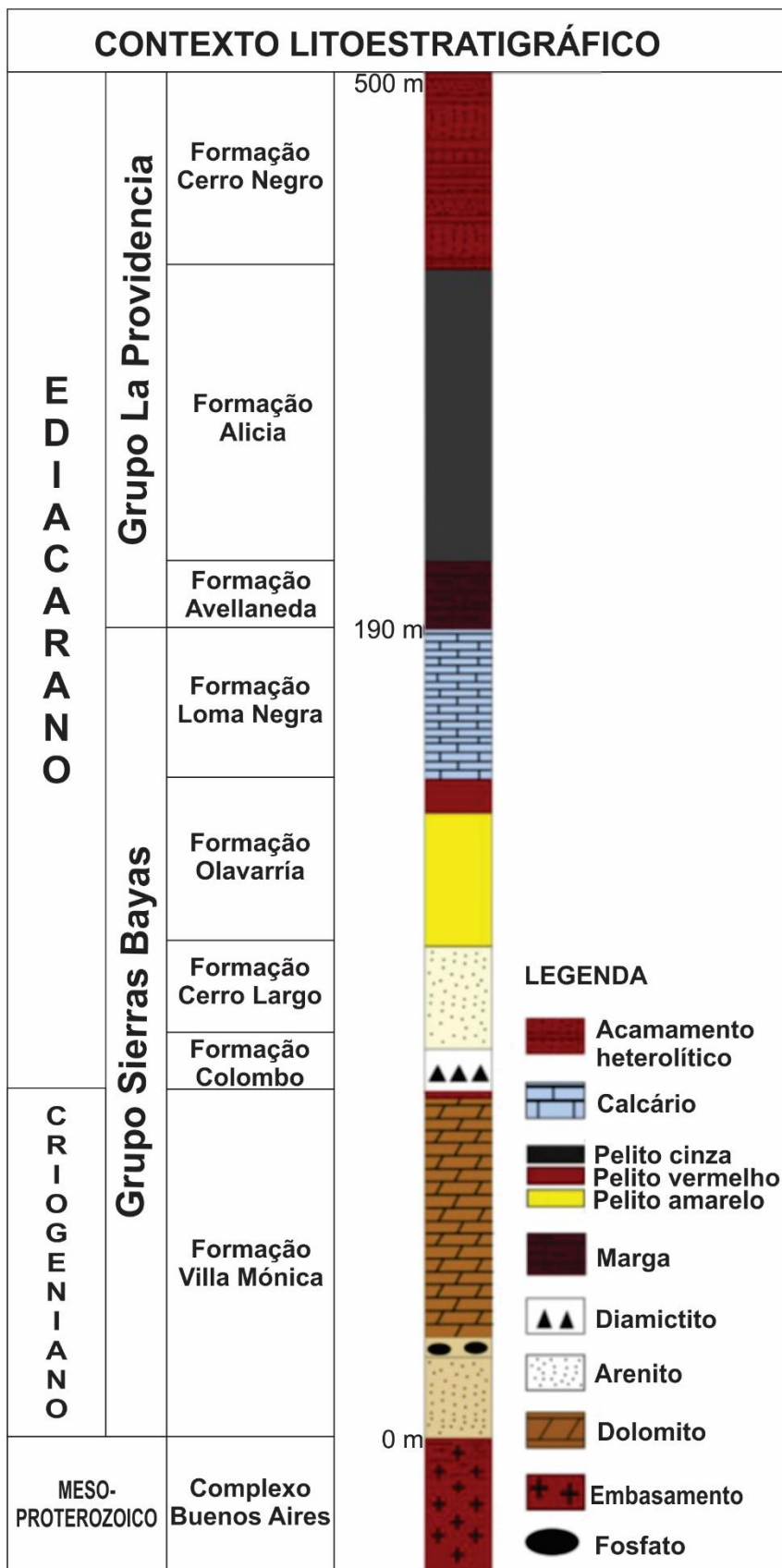
O Sistema Tandilia (Figura 4.1), localizado no sul da Província de Buenos Aires, Argentina, é um cinturão orogênico de 350 km de comprimento, o qual se estende na direção noroeste-sudeste, com altitudes máximas de 500 metros acima do nível do mar. O contexto geológico desse sistema integra parte do Cráton Rio de La Plata (Almeida *et al.* 1973, 1976, 2000; Cingolani & Dalla Salda 2000), o qual configura, juntamente com outros crátons, a região sudoeste do supercontinente Gondwana.



**Figura 4.1** – A) Localização do Sistema Tandilia e B) unidades que o compõem, com posição das principais cidades da região. Fonte: Modificado de Hernández *et al.* (2017).

O Sistema Tandilia compreende rochas ígneas e metamórficas do embasamento paleoproterozoico, cobertas por sequências sedimentares neoproterozoicas (Arrouy 2015; Arrouy *et al.* 2016) (Figura 4.2). A sucessão se inicia com o embasamento cristalino denominado Complexo Buenos Aires, composto por rochas graníticas, ortognaisses, migmatitos e anfibolitos, cuja idade, calculada a partir do método U-Pb SHRIMP em zircões, varia entre 2440 e 2668 Ma (Cingolani *et al.* 2002), enquanto pelo método Sm-Nd, tem-se 2,6 Ga (Pankhurst *et al.* 2003). Sobre essa sequência, encontra-se um nível de alteração constituído por um arcóseo residual ou saprólito, o qual evidencia que, antes da deposição superior de sedimentos marinhos, houve um período de exposição subaérea do embasamento (Poiré, 1987a, 1987b; Zalba *et al.* 1993).

Recobrando o embasamento, tem-se as sequências sedimentares (Iñiguez *et al.* 1989; Poiré & Spalletti 2005; Gómez Peral *et al.* 2007; Arrouy *et al.* 2015), representadas pelos Grupos Sierras Bayas e La Providencia, na região de Olavarría. Essas sequências estão expostas na porção meridional do cráton Rio de La Plata, nas áreas de Olavarría e Barker, nos setores noroeste e central do Sistema Tandilia e podem ser correlacionadas com unidades equivalentes do Uruguai (Gaucher *et al.* 2005).



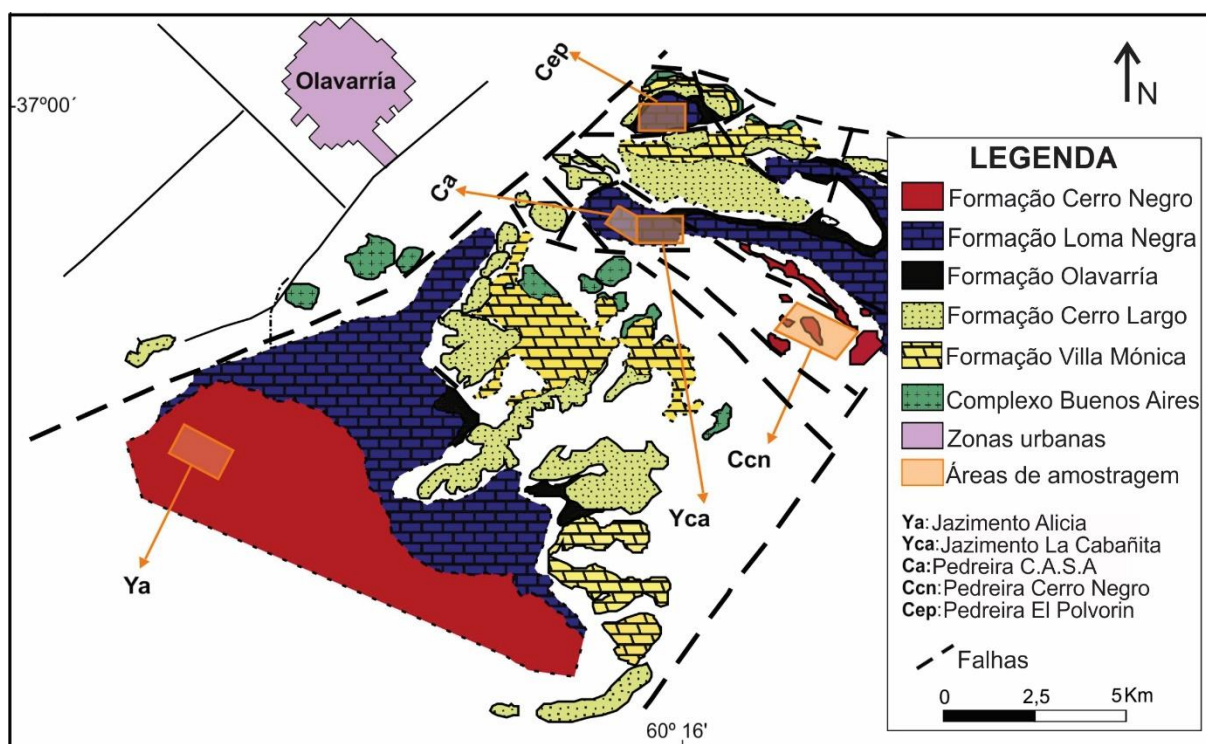
**Figura 4.2** – Contexto litoestratigráfico geral do Sistema Tandilia. Fonte: Adaptado de Hernández et al. (2017).



Em geral, as rochas do Sistema Tandilia não mostram sinais de deformação e foram ligeiramente inclinadas ou permaneceram horizontais (Iñiguez *et al.* 1989). O mergulho dos estratos nunca excede  $35^\circ$ . No entanto, algumas deformações foram descritas por González Bonorino (1954), incluindo dois sistemas de dobras abertas com eixos subhorizontais com tendência NW-SE e NE-SW, respectivamente, descritos por Massabie & Nestiero (2005). Esses autores interpretaram que ambos os sistemas são provavelmente parte de um único evento deformacional, o qual, provavelmente, ocorreu no Cambriano ou Ordoviciano Inferior, visto que a Formação Balcarce (situada estratigraficamente acima da Fm. Cerro Negro), de idade Ordoviciano Superior – Siluriana, não é afetada por nenhum distúrbio tectônico.

#### 4.1. Grupo Sierras Bayas

O Grupo Sierras Bayas é composto por uma variedade de rochas sedimentares de origem marinha, as quais são caracterizadas pela ausência de forte deformação e metamorfismo (Gómez Peral *et al.* 2007). É constituído, da base para o topo, conforme visto no mapa geológico (Figura 4.3), pelas Formações Villa Mónica, Colombo, Cerro Largo, Olavarría (com sua correspondente Formação Las Águilas, na região de Barker) e Loma Negra.



**Figura 4.3** – Mapa geológico da região de Sierras Bayas - Olavarría. Fonte: Adaptado de Arrouy (2015).

#### 4.1.1. Formação Villa Mónica

Situada sobre o embasamento, em um contato erosivo, possui de 52 a 70 metros de espessura (Gómez Peral 2008) e é composta por duas associações de fácies. Na base, quartzo-arenitos e arcóseos, formados em período de transgressão marinha sobre a zona de alteração do embasamento (Poiré 1993), cobertos por fácies pelíticas associadas a níveis delgados de arenitos (Arrouy 2015; Rapalini *et al.* 2013).

No topo, dolomitos, incluindo estromatólitos dolomíticos de plataforma marinha rasa e folhelhos (Rapalini *et al.* 2013). Por debaixo do pacote carbonático, há lentes fosfáticas em rochas pelíticas, associadas a níveis ricos em chert e goethita. A sequência carbonática é finalizada com níveis pelíticos com laminação ondulada, gretas de contração e lentes de margas (Arrouy 2015). Acima de todo esse pacote rochoso, ocorre uma superfície de margas vermelhas a roxas com evidências de exposição e intemperismo da sucessão.

A idade da Formação Villa Monica não é definida precisamente. Datação Rb-Sr dos folhelhos inclusos nos dolomitos produziu uma idade de  $793 \pm 32$  Ma (Cingolani & Bonhomme 1988). A comparação das curvas isotópicas,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ , para os dolomitos com referências globais aponta para uma idade provável de 720-750 Ma para esses carbonatos (Gómez Peral *et al.* 2007). Por fim, estudos paleomagnéticos na superfície de margas no topo dessa formação apontam uma idade aproximada de 600 Ma (Rapalini *et al.* 2008).

#### 4.1.2. Formação Colombo

Predomina um nível diamictítico com fácies pelíticas amareladas e/ou esbranquiçadas (Arrouy 2015). Ainda, ocorrem estruturas convolutas, brechas e ortoconglomerados finos (Gaucher *et al.* 2009).

Esse pacote sedimentar era considerado base da Fm. Cerro Largo, denominado Diamictito Colombo (Gaucher *et al.* 2009) e, mais tarde, foi estabelecido como uma formação (Poiré 1993; Rapalini *et al.* 2013). A má seleção destes depósitos poderia indicar uma origem glacial, associada à glaciação Sturtiana, o que atribui a essa formação uma idade aproximada de 720-740 Ma (Arrouy 2015).

#### **4.1.3. Formação Cerro Largo**

É constituída por uma sequência clástica de aproximadamente 40 metros de espessura, representada por arenitos com glauconita, fácies heterolíticas e quartzo-arenitos com estratificações cruzadas. Essa sucessão indica uma segunda transgressão marinha (Poiré 1993; Gaucher *et al.* 2009).

Microfósseis encontrados nos níveis superiores dessa unidade indicam uma idade ediacarana (Rapalini *et al.* 2013). De acordo com estudos geocronológicos (Gaucher *et al.* 2008), os arenitos são caracterizados por uma população dominante de zircões paleoproterozoicos e uma subordinada com idades do Arqueano para o Paleoproterozoico Inferior e Mesoproterozoico.

#### **4.1.4. Formação Olavarría**

Essa unidade é constituída por uma associação de fácies pelíticas e heterolíticas, com aproximadamente 35 metros de espessura, que recobrem, de maneira transicional, as rochas da Fm. Cerro Largo (Arrouy 2015; Rapalini *et al.* 2013). Na região de Barker, a porção intermediária da unidade compreende argilitos com alto teor de ferro, 32-70% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que podem ser correlacionados a depósitos de ferro neoproterozoicos no sudoeste do Brasil e no Uruguai (Gaucher 2000; Gaucher *et al.* 2003, 2004).

O paleoambiente é interpretado como plataforma marinha em um trato de sistema transgressivo. Datações Rb-Sr dos argilitos ílíticos indicam idade neoproterozoica (Bonhomme & Cingolani 1980).

#### **4.1.5. Formação Loma Negra**

Possui cerca de 40 metros de espessura e é constituída predominantemente por calcário micrítico, avermelhado na porção basal e negro na zona média-superior, originado em ambientes de rampa e plataforma restrita ou laguna.

Os dados recentemente adquiridos de isótopos de Sr e C (Gaucher *et al.* 2005) permitem atribuir a esta unidade uma idade aproximada de 580-590 Ma (Gómez Peral *et al.* 2007).

O Grupo Sierras Bayas é separado do Grupo La Providencia por uma discordância erosiva, associada à queda do nível do mar, porém não há certeza sobre a duração desse hiato (Arrouy *et al.* 2016; Rapalini *et al.* 2013). Essa inconformidade é marcada por uma superfície cárstica, denominada “Barker”, na qual se depositam argila residual e brechas de chert.

## **4.2. Grupo La Providencia**

O Grupo La Providencia contém as Formações, da base para o topo, Avellaneda, Alicia e Cerro Negro.

### **4.2.1. Formação Avellaneda**

Compreende margas maciças e laminadas na base que gradam verticalmente para lamitos vermelhos maciços. Os argilominerais são predominantemente da série illita-smectita. Gretas de contração são ocasionalmente observadas (Arrouy 2015). Essa sucessão se sobrepõe à superfície Barker e marca a retomada da deposição mista, ou seja, de sedimentos siliciclásticos e carbonáticos na área (Arrouy 2015).

A deposição dessa fácies é associada a um ambiente de maré, em zona de supramaré, provavelmente sob condições oxigenadas.

### **4.2.2. Formação Alicia**

É composta por lamitos negros, com certa fissibilidade, e siltitos cinzas maciços, além de associações heterolíticas cinzas, com acamamento *wavy* ou *lenticular/linsen*. Nas frações finas, as argilas são predominantemente clorita e illita em proporções similares (Arrouy 2015).

Essa sucessão de fácies é interpretada como depositada em condições de inframaré, com baixa energia, provavelmente em circunstâncias de fundo subóxico anóxico (Arrouy 2015).

### **4.2.3. Formação Cerro Negro**

A Fm. Cerro Negro é a unidade de estudo deste trabalho. Excede 100 metros de espessura e consiste em camadas tabulares e lenticulares, de espessura centimétrica até decimétrica, de rochas terrígenas, dispostas como intercalações de

arenitos finos, maciços e de estratificação cruzada tabular, com lamitos avermelhados maciços e fácies heterolíticas (Arrouy 2015; Arrouy *et al.* 2016). Esta associação sugere um ambiente de deposição com correntes/ondas capazes de transportar sedimentos de maior granulação alternadas com períodos de água parada, favorecendo a decantação de material fino.

A base da unidade apresenta vários níveis de estruturas sedimentares induzidas por atividade microbiana (MISS) e, mais raramente, marcas de sola e gretas de contração, sugerindo que a sedimentação ocorreu em condições de água rasa com exposição subaérea esporádica, típica de uma deposição em ambiente de inter a supramaré (Arrouy *et al.* 2016), com substrato bem oxigenado.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. Levantamento bibliográfico

Na etapa de levantamento bibliográfico, foram lidos diversos artigos, além de livros, dissertações e teses de mestrado e doutorado sobre:

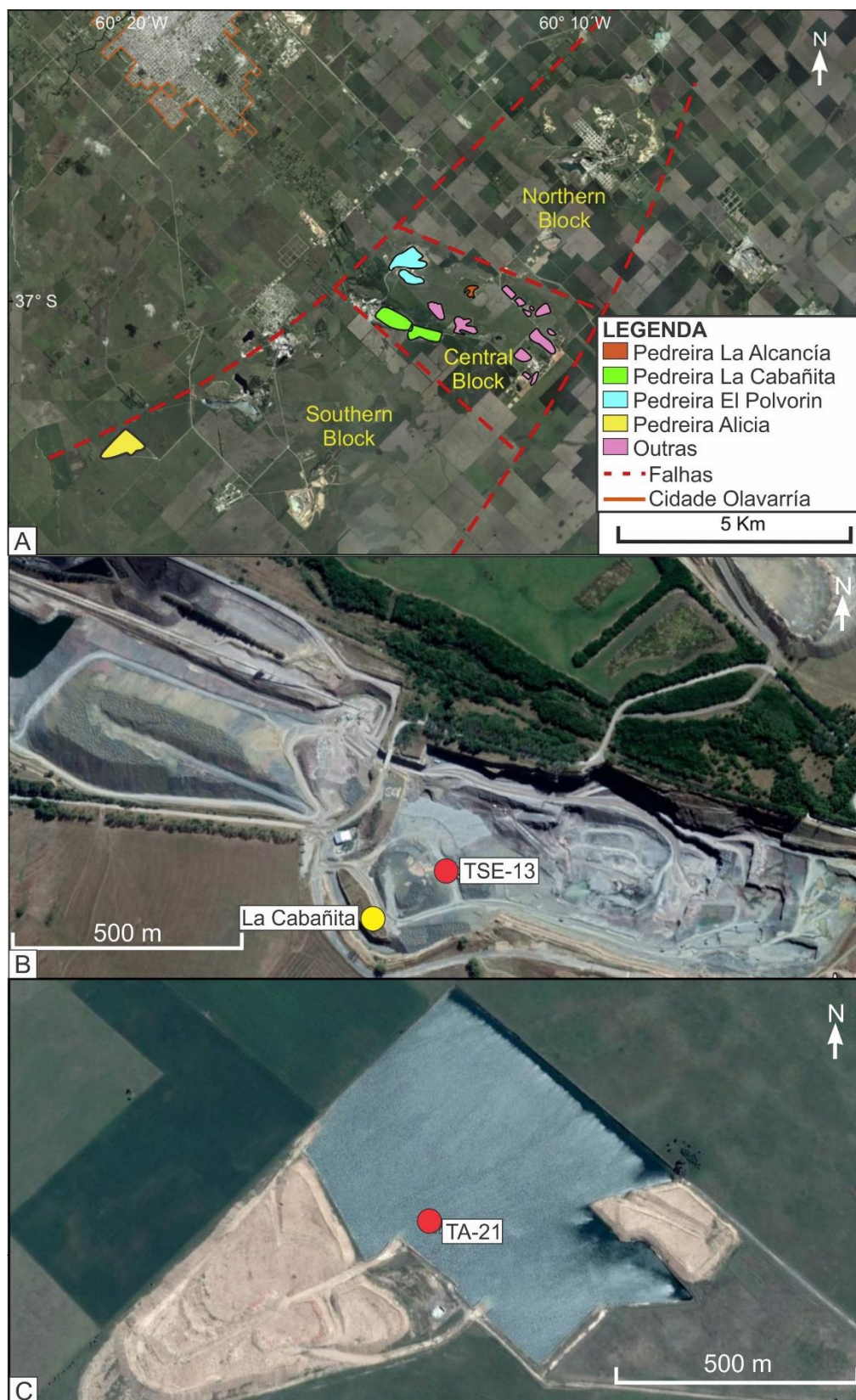
- A região de estudo, próxima à cidade de Olavarría, na Argentina;
- O período Ediacarano, referente à idade da formação geológica objeto de estudo, Fm. Cerro Negro e;
- O paleomagnetismo e suas aplicações, principalmente relacionadas às rochas do período Ediacarano.

### 5.2. Coleta das amostras

A magnetoestratigrafia da Fm. Cerro Negro foi investigada na região de Olavarría, através de afloramento e testemunhos. A zona de afloramentos da Fm. Cerro Negro é caracterizada pela presença de amplas áreas de exploração de calcário para concreto, o que facilitou o acesso a afloramentos e testemunhos perfurados nos locais de lavras.

As amostras da Fm. Cerro Negro, Grupo La Providencia, Argentina foram coletadas pelo Prof. Dr. Giancarlo Scardia e pelo Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren, com a ajuda da Dr<sup>a</sup>. Maria Julia Arrouy. As amostras de afloramento foram coletadas na pedreira La Cabañita (Figuras 5.1A e 5.1B), com uma furadeira portátil alimentada por baterias. Em níveis pouco resistentes à perfuração foram coletadas amostras de mão, irregulares. As amostras, denominadas com o código CA, foram orientadas no campo com uma bússola Brunton.

Dois testemunhos, TSE-13 e TA-21, foram também amostrados, coletando segmentos circulares de 3-4 cm de espessura e orientados pelo topo estratigráfico. O poço TSE-13 se encontra também na pedreira La Cabañita (Figura 5.1B), enquanto TA-21 pertence à pedreira Alicia (Figura 5.1C). A Tabela 5.1 contém as coordenadas de onde foram amostrados os materiais de estudo e o número de amostras coletadas por coleção.



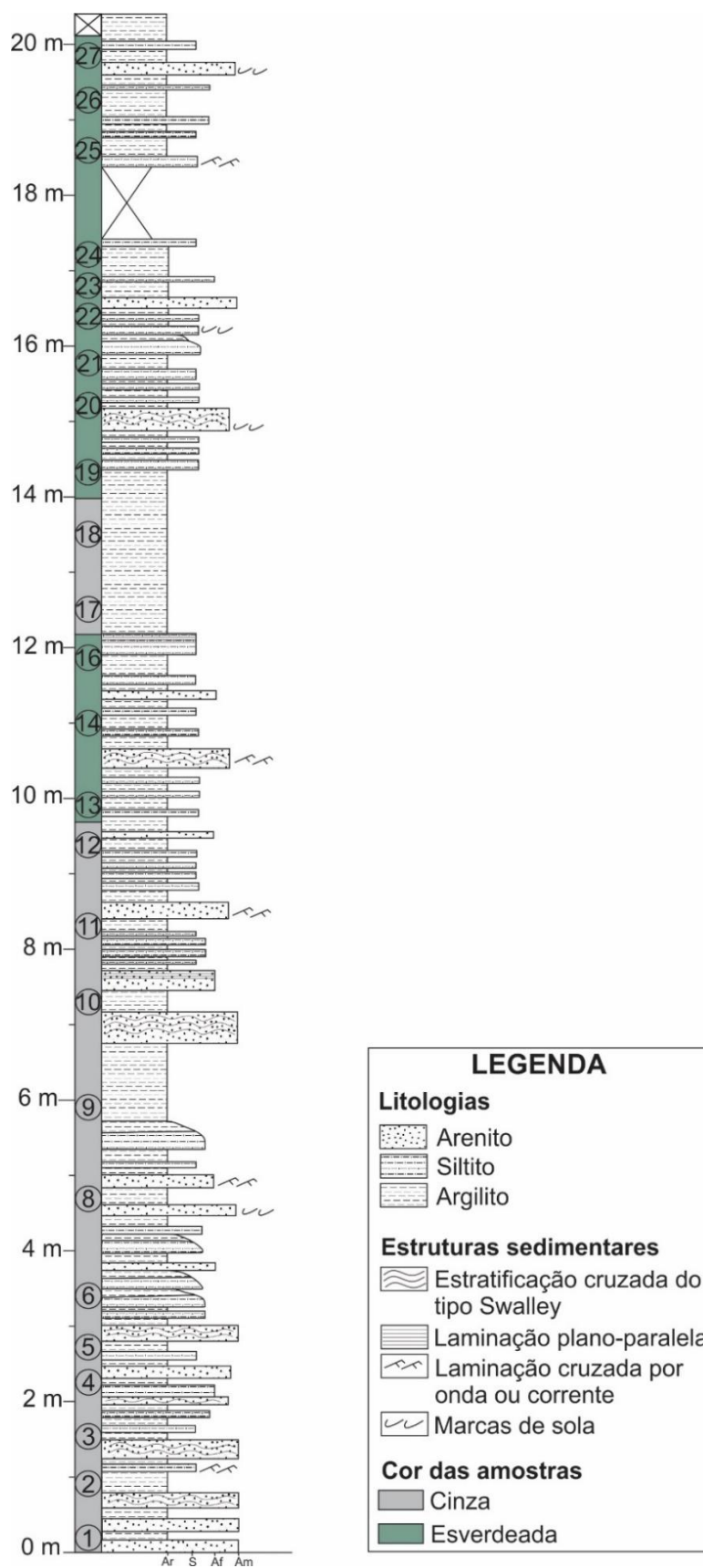
**Figura 5.1** – A) Localização da área de estudo e distribuição das pedreiras. Fonte: Adaptado de Hernández *et al.* (2017). B) Pedreira La Cabañita, com localização dos pontos de coleta das amostras. Fonte: Google Earth, Satélite Digital Globe (03/05/2018). C) Pedreira Alicia, com localização dos pontos de coleta das amostras. Fonte: Google Earth, Satélite CNES / Airbus (11/07/2016).

**Tabela 5.1** – Coordenadas dos pontos de coleta e número de amostras por coleção.

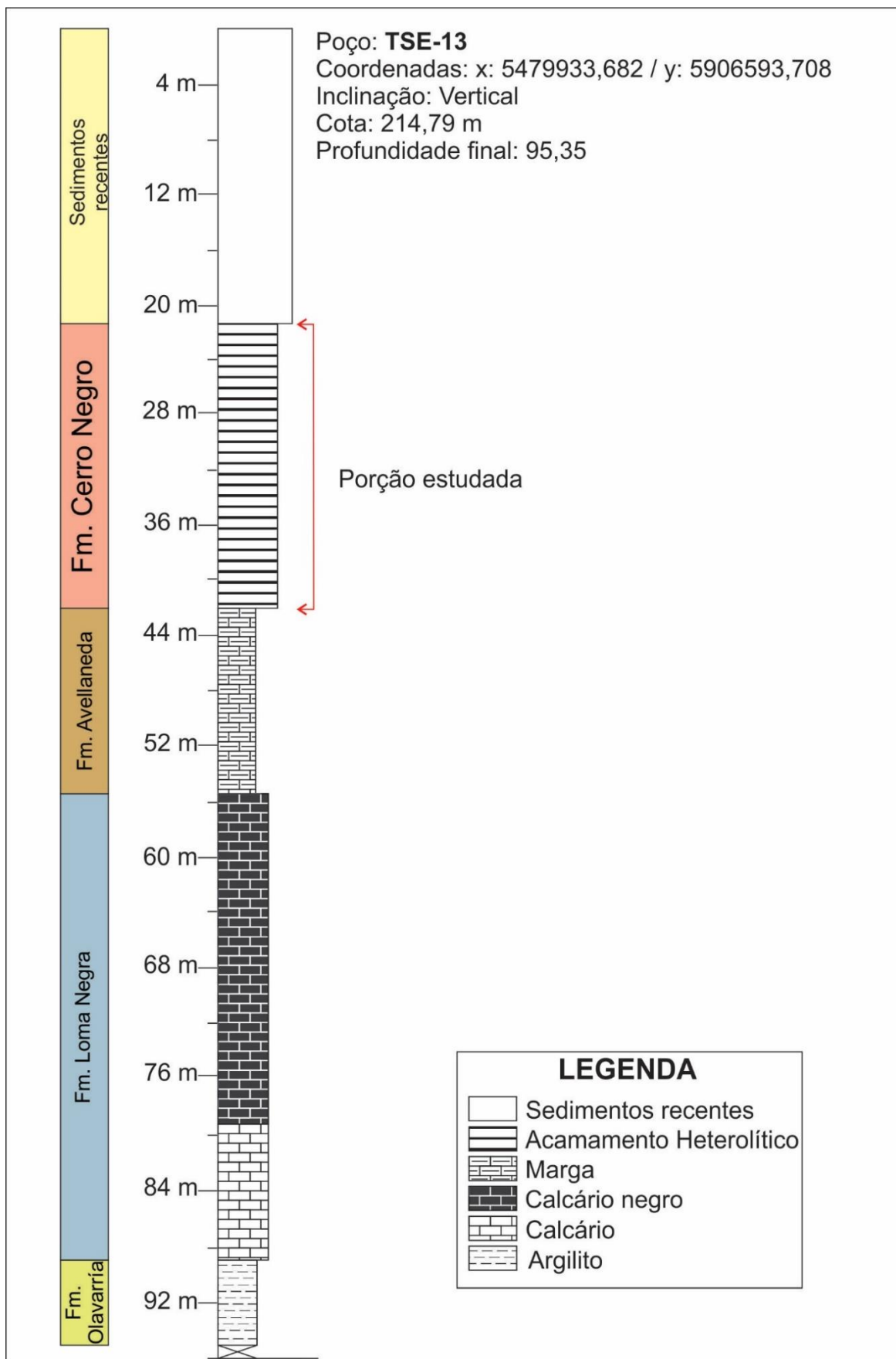
<b>Pontos</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Número de amostras</b>
Seção La Cabañita	20 H 746610 5902581	25
Testemunho TSE-13	20 H 746774 5902682	37
Testemunho TA-21	20 H 737088 5899171	119

A Figura 5.2 mostra a seção colunar levantada na Pedreira La Cabañita e a posição estratigráfica de coleta das amostras analisadas. As Figuras 5.3 e 5.4 representam as descrições litológicas dos testemunhos estudados, TSE-13 e TA-21, respectivamente.

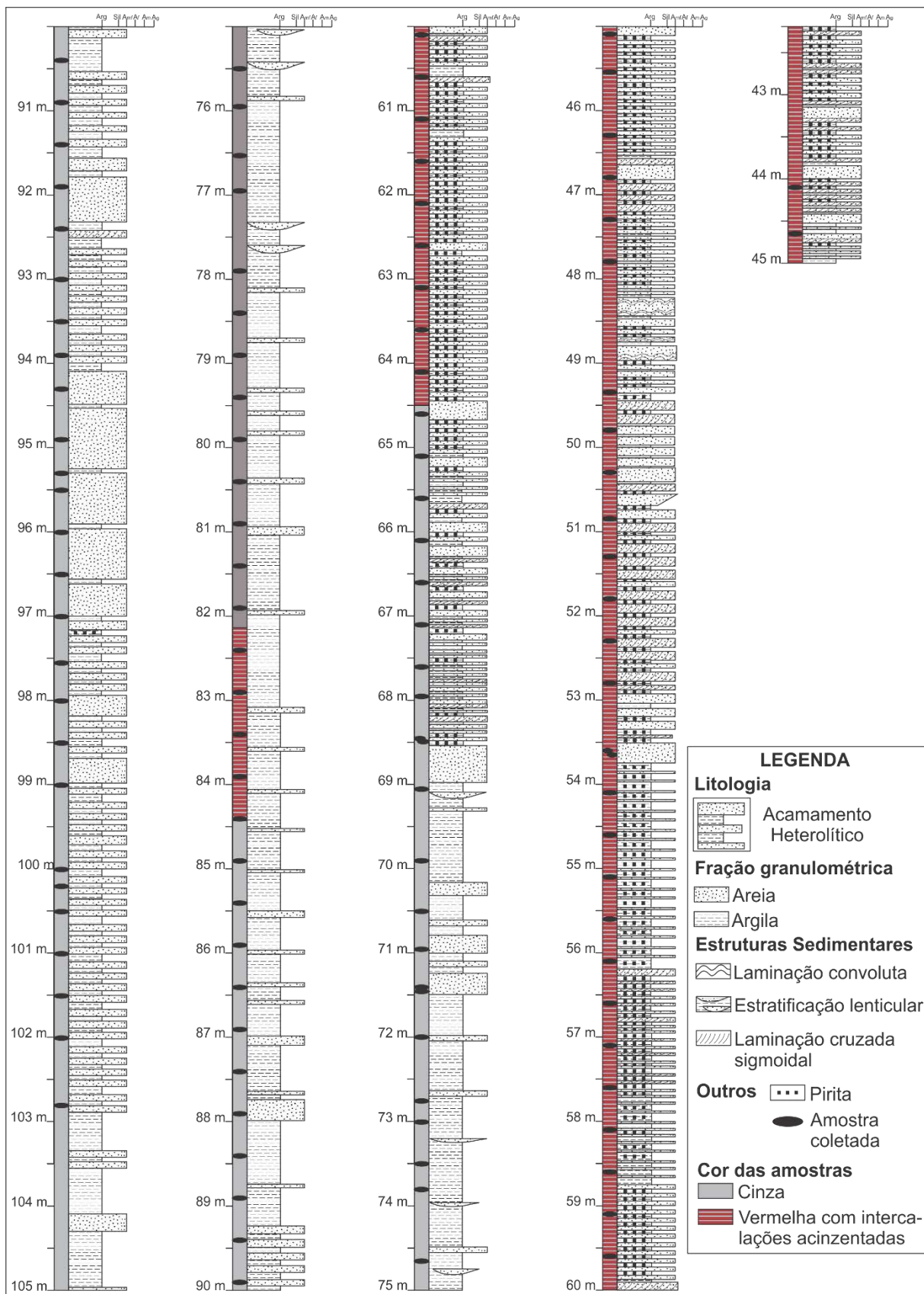




**Figura 5.2** – Seção La Cabañita, com posição estratigráfica das amostras, pertencentes à Fm. Cerro Negro. As siglas na base do desenho representam as frações granulométricas, sendo: Ar = argila; S = silte; Af = areia fina e Am = areia média.



**Figura 5.3** – Seção colunar do testemunho TSE-13. A porção estudada se encontra de 21,38 a 42,54 m.

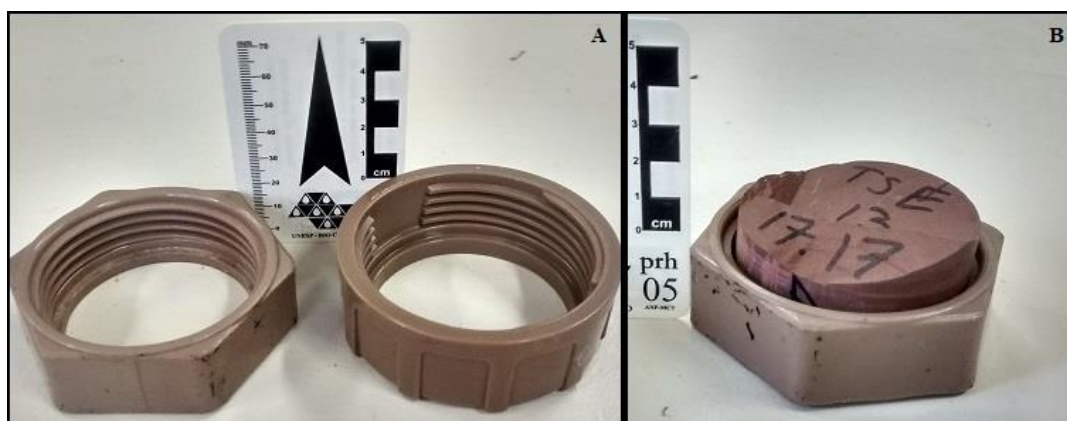


**Figura 5.4** – Seção colunar do testemunho TA-21. A porção estudada se encontra entre 44,1 a 102,8 m. Fonte: Modificado de Arrouy (2015).

### 5.3. Preparação das amostras

A etapa de preparação de amostras foi subdividida em 3 fases: medição e orientação, corte e pesagem.

A fase de medição e orientação é de suma importância, visto que, para a realização das medidas paleomagnéticas, as amostras precisam ser orientadas em relação ao norte geográfico. Enquanto os exemplares de afloramento foram orientados durante a coleta do campo, para os testemunhos faltam o dado de azimute. Para resolver este problema foi usado o mergulho estrutural das camadas no testemunho. Visto que os furos de sondagem são feitos verticalmente, as amostras eram posicionadas com auxílio de moldes de material PVC (Figura 5.5), de forma que suas laterais permanecessem na vertical, para que então o acamamento ficasse próximo do real. Com isso, foi medido o plano inclinado da superfície de cada amostra com uma bússola de tipo Clar e marcado, no topo e com caneta permanente, uma seta indicando o rumo do mergulho máximo. Tais setas são o referencial utilizado para posicionar as amostras no magnetômetro na etapa seguinte e o azimute delas pode ser estimado a partir do mergulho regional.



**Figura 5.5** – A) e B) Material PVC utilizado para auxiliar na medição do máximo rumo de mergulho das amostras de testemunho. Fonte: Acervo pessoal (2018).

A fase de corte consiste em adaptar o tamanho e formato de cada amostra para aquele padrão (cubo de 8 cm<sup>3</sup>) suportado pelo magnetômetro. As amostras foram reduzidas a formatos cúbicos ou de paralelepípedos, com aproximadamente 2 cm de lado.

Para isso foi utilizada a serra da ASC Scientific (Figura 5.6), constituída de material diamagnético para prevenir uma possível remagnetização do material magnético da rocha durante a operação de corte. Houve bastante cuidado para não permitir que a seta do rumo de mergulho de cada amostra fosse apagada pela água utilizada na serra durante essa etapa.



**Figura 5.6** - Serra da ASC Scientific, utilizada para o corte das amostras. Fonte: Acervo pessoal (2018).

Para a realização do corte dos testemunhos da coleção TSE-13, a seta marcada inicialmente era colocada na horizontal, ortogonalmente às serras, enquanto as bordas das amostras eram posicionadas paralelamente às serras. Dessa forma, obtinha-se um material comprido com formato em paralelepípedo, o qual precisava ser ainda mais reduzido para aproximadamente  $8 \text{ cm}^3$  ou menor. No segundo corte de cada amostra, esse material era posicionado com a seta agora paralela às serras. Vale ressaltar que, quando possível, foram cortadas duplicatas de cada amostra do testemunho, para compor uma reserva, caso necessário.

Para a coleção TA-21, a etapa de corte foi semelhante, porém, por possuírem menor diâmetro, o primeiro corte foi realizado com o auxílio de uma peça de madeira (Figura 5.7), feita sob medida para a serra, com a seta orientada paralelamente às lâminas. Os paralelepípedos obtidos, eram também reduzidos a aproximadamente  $8 \text{ cm}^3$ .

Após o corte, foi escrito novamente o nome em cada amostra, sempre com cuidado para não perder ou confundir o material de análise. Por fim, as amostras

reservas foram arquivadas em sacos plásticos nomeados e as amostras a serem analisadas, separadas em uma caixa para posterior medição paleomagnética.



**Figura 5.7** - Peça de madeira utilizada para auxiliar os cortes das amostras, feita sob medida para a serra utilizada. Fonte: Acervo pessoal (2018).

Para a coleção CA, a fase de corte foi mais simples, pois algumas das amostras já possuíam formato cilíndrico com diâmetro da base suportado pelo magnetômetro e, portanto, só foram ajustadas na altura, quando necessário. Por fim, as amostras de mão, inicialmente irregulares, foram cortadas com o intuito de deixá-las no tamanho apropriado e com formato mais regular.

A última fase foi a de pesagem de cada uma das amostras, realizada com uma balança de precisão comum.

#### **5.4. Medições paleomagnéticas**

As análises paleomagnéticas baseiam-se na determinação da magnetização remanescente adquirida por rochas sedimentares e vulcânicas no momento da sua formação, devido à presença do campo magnético da Terra. Isso implica que, caso o sinal do campo magnético seja gravado fielmente na época de formação da rocha, a medição da magnetização da rocha pode ser usada para determinar a latitude em que foi formada e a polaridade (normal ou inversa) do campo magnético terrestre.

As medidas paleomagnéticas foram realizadas no Laboratório de Paleomagnetismo do Instituto de Astronomia e Geofísica (IAG) da USP. A sala onde

se encontram os equipamentos é blindada do campo geomagnético para prevenir possíveis remagnetizações das rochas durante o tratamento de desmagnetização e possíveis interferências magnéticas durante a fase de medição.

Em primeiro lugar, mediu-se a susceptibilidade magnética de cada uma das amostras no Susceptibilímetro (MFK1-FA Kappabridge, AGICO), normalizando os valores obtidos com a massa de cada exemplar.

Para a análise da magnetização remanescente natural, NRM (*Natural Remanent Magnetization*), a magnetização da rocha é progressivamente destruída, com o objetivo de reconhecer e excluir eventuais componentes secundárias que podem mascarar a magnetização original da rocha. A desmagnetização pode ser efetuada, conforme fundamento teórico, com o uso de campo alternado, que, de acordo com Butler (1998), atua polarizando em sentidos opostos o momento magnético de minerais magnéticos com coercividade (ou seja, resistência à remagnetização) inferior à intensidade do campo aplicado em cada etapa de desmagnetização.

Outro método de desmagnetização é a partir de tratamento térmico, no qual a rocha é aquecida para levar os minerais magnéticos nela presentes acima de sua intrínseca temperatura de Curie (temperatura acima da qual um mineral perde todas as suas propriedades magnéticas) e, em seguida, resfriada na ausência de campo magnético. Isso permite que os minerais desmagnetizados adquiram uma magnetização aleatória e a soma resultante vetorial é nula na escala da amostra.

Sete amostras da coleção TSE-13 foram utilizadas para um teste com o objetivo de analisar se o método do campo alternado seria eficiente, porém a resposta não foi satisfatória. Observou-se que o tratamento dos campos alternados não foi capaz de desmagnetizar completamente as amostras pela presença de minerais de alta coercividade, tais como hematita ou goethita. Sendo assim, as 30 amostras restantes da coleção TSE-13, juntamente com as 25 da coleção CA e as 119 da TA-21, foram processadas com o tratamento térmico no forno desmagnetizador com câmara dupla da ASC Scientific (TD48).

Para a desmagnetização das rochas, elas são submetidas a temperaturas progressivamente mais altas e, entre cada etapa, são medidas no magnetômetro

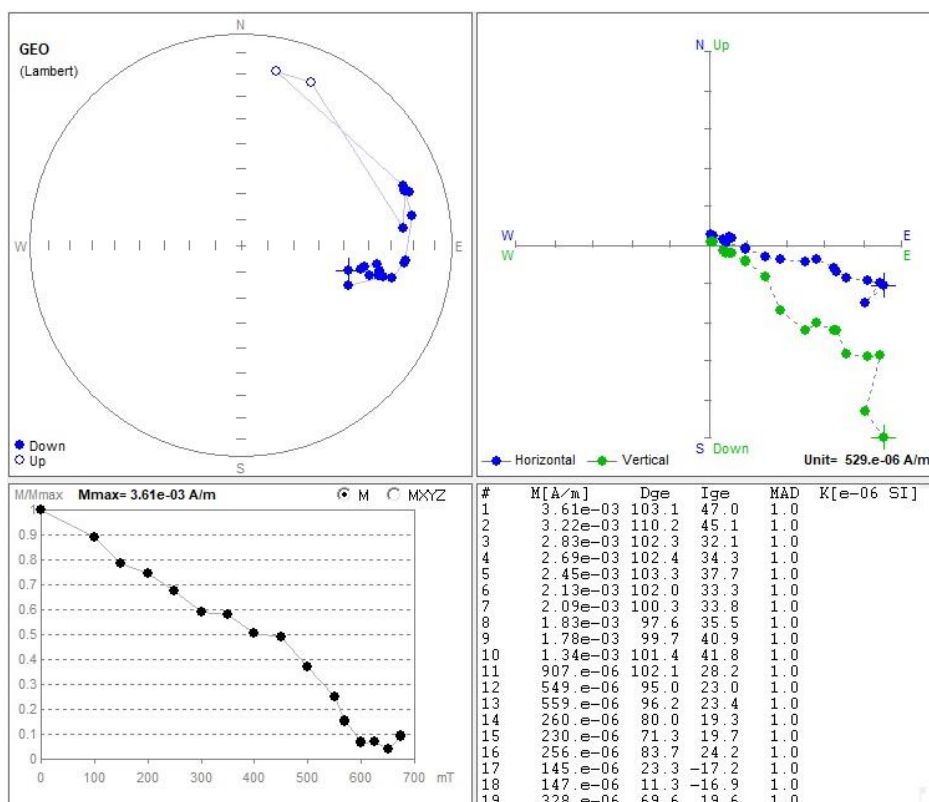
criogênico 755 – 4K (2G Enterprises), com o objetivo de produzir uma curva de desmagnetização para cada amostra. As amostras, embrulhadas em papel alumínio para evitar contaminação dos equipamentos, são colocadas em um *boat* de vidro e ficam durante 50 minutos no forno, submetidas inicialmente a uma temperatura de 100 °C. Após esse tempo, elas passam para uma câmara de resfriamento, ainda dentro do forno desmagnetizador, por 45 minutos. Quando o ciclo do forno termina, as amostras são embrulhadas em papel filme, de forma que não contaminem o magnetômetro, no qual são medidos, no máximo, 8 exemplares por vez.

Feitas as medidas após a temperatura de 100 °C, as amostras voltam ao forno e o processo é repetido para as temperaturas de 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 570, 600, 625, 650 e 675 °C, sendo que entre 500 e 600 °C, o tempo de aquecimento e resfriamento aumenta em 10 minutos e a partir de 600 °C, mais 10 minutos em cada processo. Vale ressaltar que a cada etapa do tratamento térmico, as amostras passam também pelo susceptibilímetro MS2 da Bartington, a fim de se controlar a mudança da susceptibilidade magnética (e, portanto, da mineralogia magnética) conforme o aumento da temperatura.

### **5.5. Análise e interpretação dos dados**

A análise paleomagnética produz, para cada amostra, um conjunto de dados vetoriais: declinação (“D”, em relação ao norte geográfico), inclinação (“I”, em relação à horizontal no local de coleta) e intensidade. Com o término do processo de desmagnetização, os dados foram avaliados no software Remasoft da AGICO, o qual apresenta a curva de desmagnetização de cada amostra, os valores dos vetores de magnetização medidos e sua distribuição no estereograma (projeção equiárea de Schmidt ou Lambert), além do diagrama de Zijderveld (Zijderveld 1967) (Figura 5.8).



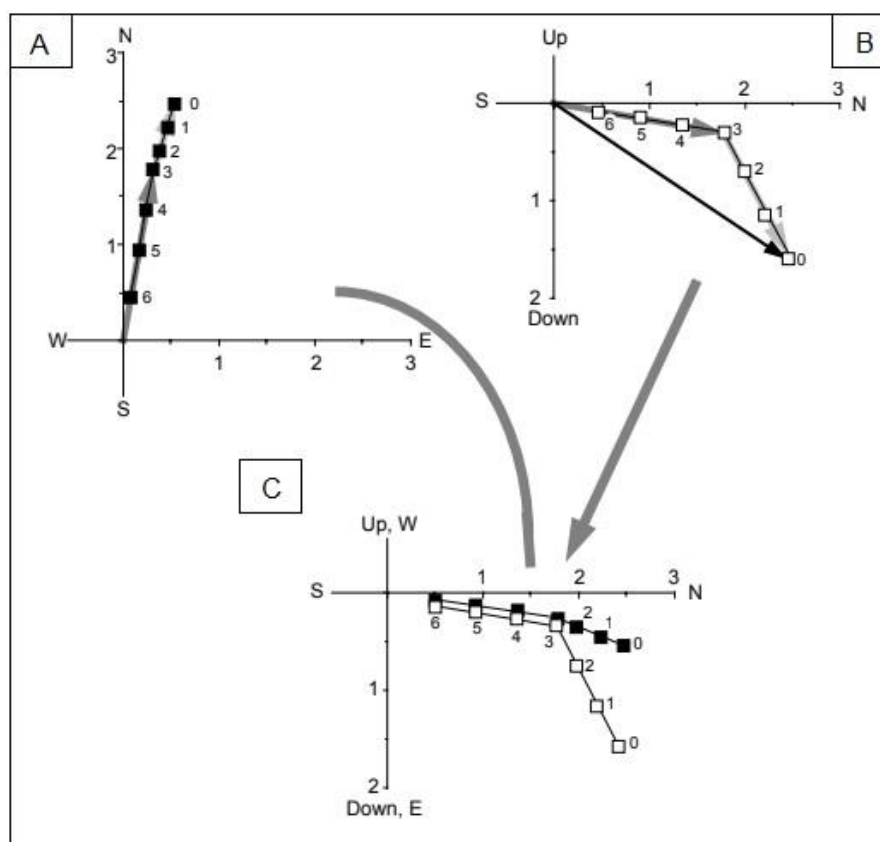


**Figura 5.8** - Resultados obtidos para a amostra CA17, exemplificando, em sentido horário, a plotagem dos vetores de magnetização em estereograma, o diagrama de Zijderveld, os valores vetoriais e a sua curva de desmagnetização.

O diagrama de componentes vetoriais desenvolvido por Zijderveld (1967) é capaz de mostrar informações sobre direção e intensidade vetorial ao mesmo tempo, a partir da projeção de um vetor em dois planos ortogonais, facilitando a observação dos dados. Nesse diagrama, a base do vetor de magnetização é colocada na origem de um sistema cartesiano de coordenadas, enquanto a outra extremidade é projetada nos planos ortogonais. A distância de cada ponto à origem é proporcional à intensidade do vetor.

A Figura 5.9 mostra a construção de um diagrama de Zijderveld. Na Figura 5.9A, a projeção dos dados em um plano horizontal é feita com um sistema NS-EW. O ângulo entre o norte e a linha da origem até cada ponto indicam a declinação naquela etapa de desmagnetização. Em 5.9B, há outra projeção usada para descrever os dados da desmagnetização progressiva, feita em um plano vertical. A componente vertical pode ser apresentada projetada em um plano vertical orientado Norte-Sul (nesse caso) ou Leste-Oeste. Em 5.9C, as projeções são combinadas no mesmo

diagrama, no qual os pontos sólidos indicam vetores que terminam no plano horizontal e os pontos abertos, no plano vertical.



**Figura 5.9** – Exemplo de construção de um diagrama de Zijderveld. Projeção de dados no A) plano horizontal e no B) plano vertical, gerando o C) diagrama, a partir da combinação de ambos. Fonte: Butler (1998).

Os dados vetoriais obtidos necessitam ser analisados estatisticamente para obtenção do valor médio do vetor da magnetização característica da amostra que define, por sua vez, a polaridade magnética da rocha. Para isso, no paleomagnetismo é consolidado o uso de dois métodos estatísticos:

A) O método mais simples considera os vetores como pontos dispersos sobre a superfície de uma esfera e calcula a direção média do conjunto de pontos usando a estatística de Fisher (1953). Porém, este método faz uso apenas dos dados direcionais dos vetores, sem considerar as suas intensidades. Um método mais avançado é aquele proposto por Kirschvink (1980) que, aplicando a análise multivariada das componentes principais (PCA) (Figura 5.10) usa a intensidade de

cada vetor de desmagnetização como peso na composição do valor médio final do vetor de magnetização da amostra.

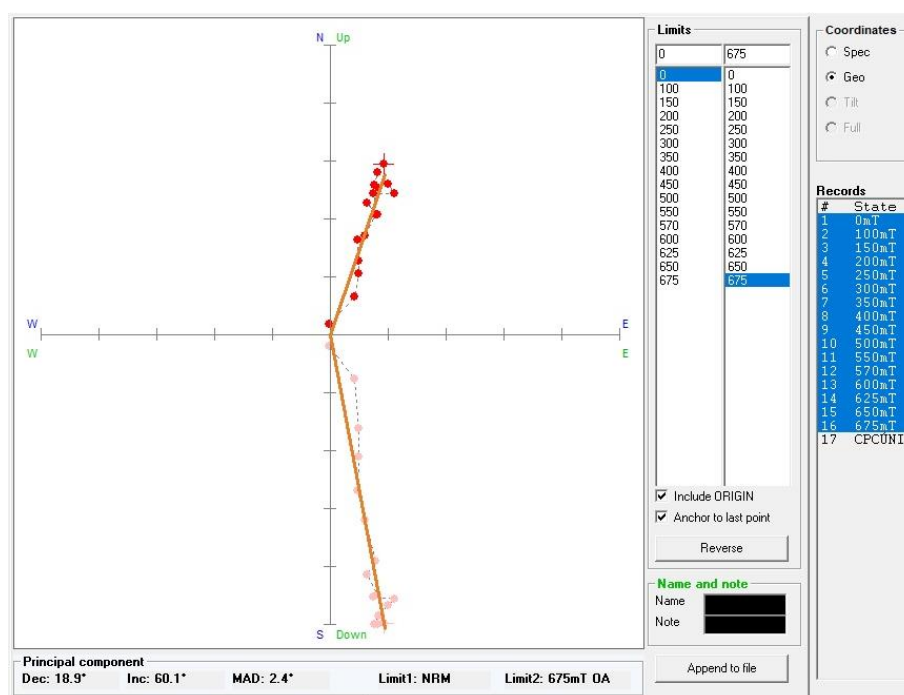


Figura 5.10 – Exemplo de cálculo de componente principal na amostra TSE-13-12.21.

B) Nos casos complexos, nos quais as componentes de magnetização secundária apagaram parcialmente a magnetização original da rocha, principalmente pelo intemperismo, pode-se utilizar o método dos círculos de remagnetização (McFadden & McElhinny 1988).

Nos casos em que a magnetização característica é reconhecida e isolada, pode-se usar o valor médio de inclinação da componente original para o cálculo de paleolatitudes, ou seja, a latitude em que a rocha se encontrava em seu momento de formação. Para isso, faz-se uso da seguinte fórmula, descrita em Butler (1998):

$$\lambda_0 = \tan^{-1} \left( \frac{\tan I_0}{2} \right)$$

Onde:  $\lambda_0$  = paleolatitudes;

$I_0$  = inclinação magnética média;

Ainda, a partir dos dados de magnetização característica, pode-se fazer o cálculo do pólo paleomagnético. Segundo Butler (1998), o primeiro passo é calcular a colatitude, que é a distância, em um grande círculo, entre o local/sítio e o pólo, através da fórmula:

$$p = \tan^{-1} \left( \frac{2}{\tan I_m} \right)$$

Onde:  $p$  = colatitude;

$(D_m, I_m)$  = Direção média do local;

Em seguida, a latitude do pólo ( $\lambda_p$ ) é dado por:

$$\lambda_p = \sin^{-1} (\sin \lambda_s \cos p + \cos \lambda_s \sin p \cos D_m)$$

Onde:  $(\lambda_s, \Phi_s)$  = localização dos locais/sítios

Para se obter a longitude  $\Phi_p$ , é necessário primeiro calcular a diferença longitudinal entre o polo e o local, denominada de  $\beta$ , dado por:

$$\beta = \sin^{-1} \left( \frac{\sin p \sin D_m}{\cos \lambda_p} \right)$$

Neste ponto, se:

$$\cos p \geq \sin \lambda_s \sin \lambda_p$$

Então:

$$\Phi_p = \Phi_s + \beta$$

Mas se:

$$\cos p < \sin \lambda_s \sin \lambda_p$$

Então:

$$\Phi_p = \Phi_s + 180^\circ - \beta$$

Qualquer direção média ( $D_m$ ,  $I_m$ ) de um local tem um limite de confiança associado ( $\alpha_{95}$ ), representado por uma elipse ou círculo. É dado por  $dp$  e  $dm$ , onde:  $dp$  é o semi-eixo da elipse de confiança ao longo do caminho do grande círculo de um local para o polo;  $dm$  é o semi-eixo da elipse de confiança perpendicular a esse caminho de grande círculo. As fórmulas são:

$$dp = \alpha_{95} \left( \frac{1 + 3 \cos^2 p}{2} \right)$$

$$dm = \alpha_{95} \left( \frac{\sin p}{\cos I_m} \right)$$

## 6. RESULTADOS

Os resultados buscam reconhecer a magnetização remanescente natural (NRM) das rochas. As análises paleomagnéticas produziram conjuntos de dados vetoriais para cada amostra. Tais conjuntos deram origem a diferentes diagramas de Zijderveld e estereogramas para as três coleções: seção La Cabañita (CA), testemunho TSE-13 e testemunho TA-21.

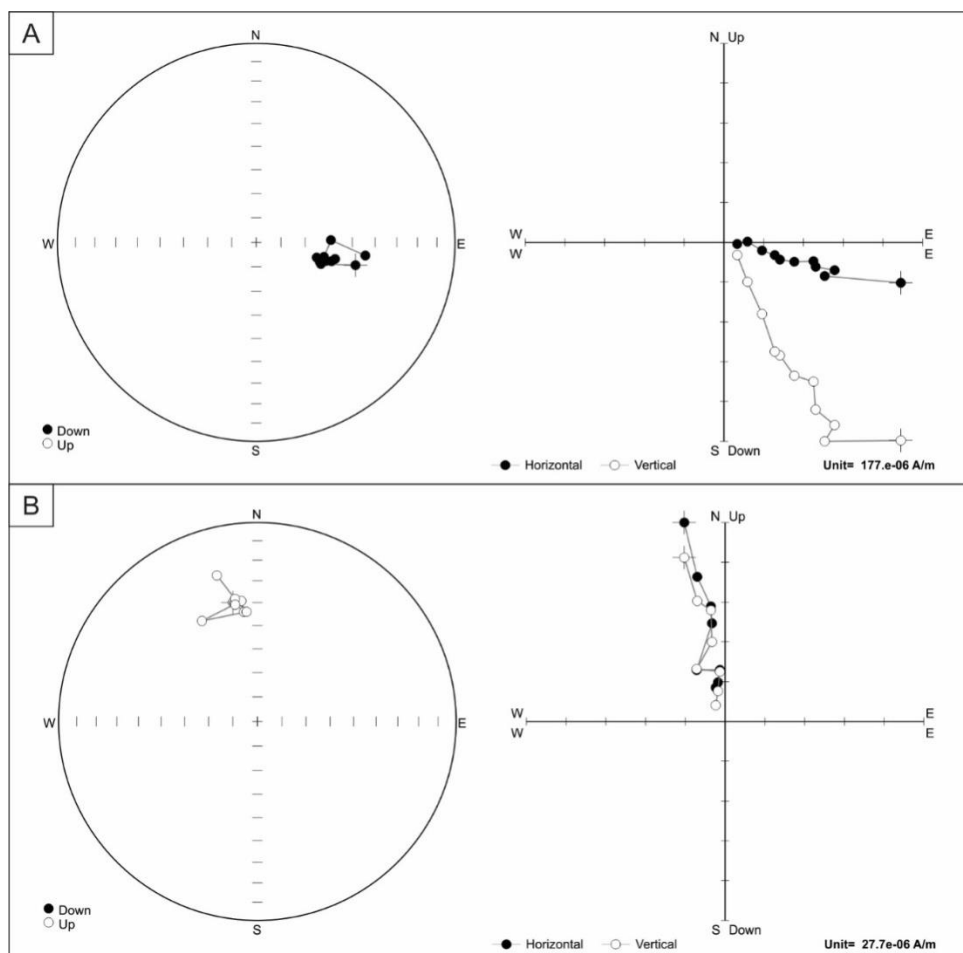
Os dados paleomagnéticos foram analisados aplicando a análise multivariada das componentes principais (Kirschvink 1980), quando possível, obtendo valores de declinação e inclinação para cada amostra. Em alguns casos, foi possível separar mais de uma componente para o mesmo exemplar.

A seguir, são apresentados os dados, separadamente, para cada coleção.

### 6.1. Coleção CA

A coleção CA apresenta 3 tipos diferentes de resultados nos diagramas e estereogramas. O primeiro modelo mostra os pontos agrupados nos estereogramas e segmentos bem marcados nos diagramas de Zijderveld, o que permite identificar as componentes e calculá-las com o método da PCA no próprio software Remasoft.

Algumas amostras apresentam inclinação positiva (*Down*), como na Figura 6.1A e outras, negativa (*Up*), como em 6.1B. Posteriormente, cada categoria foi identificada como uma componente distinta, sendo secundária a representada na Figura 6.1B.

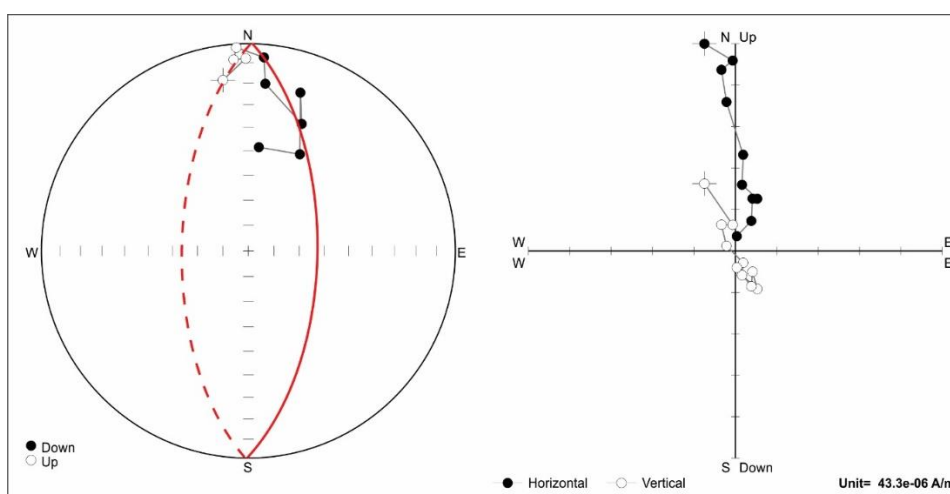


**Figura 6.1** – Estereogramas (esquerda) e diagramas de Zijderveld (direita) das amostras (A) CA 13 e (B) CA 14, mostrando, respectivamente, inclinação positiva e negativa. Nos diagramas de Zijderveld, os pontos brancos indicam a inclinação e os pretos a declinação dos vetores magnéticos.

O segundo modelo (Figura 6.2) mostra uma remagnetização evidente, pois os dados não se agrupam em um ponto específico do estereograma, mas seguem aproximadamente o traçado de um grande círculo. Pode-se observar uma mudança também nos diagramas de Zijderveld, como por exemplo na Figura 6.2, no qual os pontos fazem uma espécie de curva se distanciando e depois se reaproximando da origem.

Nesse modelo, os pontos das análises paleomagnéticas variam tanto na declinação, como na inclinação, passando de negativa (*Up*) para positivas (*Down*) após a temperatura de 250 °C. A maioria dos estereogramas apresenta aproximadamente o mesmo caminho percorrido pelos pontos e considera-se que os dados tentam chegar à região do estereograma que corresponde à componente de magnetização original da rocha.

Como no primeiro modelo, tem-se que cada categoria (inclinação positiva e negativa) corresponde a uma componente diferente. Nas temperaturas mais baixas, tem-se pontos mais agrupados, com inclinação negativa, que representam uma componente secundária. Após certa temperatura, os vetores relativos à magnetização posterior deixam de ser predominantes e os dados correspondentes à magnetização original passam a prevalecer. No entanto, a soma vetorial entre primário e secundário resulta nos pontos de inclinação positiva distantes entre si no estereograma (Figura 6.2), os quais seguem um grande círculo.



**Figura 6.2** – Estereograma da amostra CA 22, com desenho de um grande círculo, no qual se encontram os dados e diagrama de Zijderveld com pontos se distanciando e retornando à origem.

O terceiro tipo corresponde aos estereogramas e diagramas que não apresentam dados coerentes, sendo descartados para os cálculos das componentes principais.

### 6.1.1. Componentes (CA)

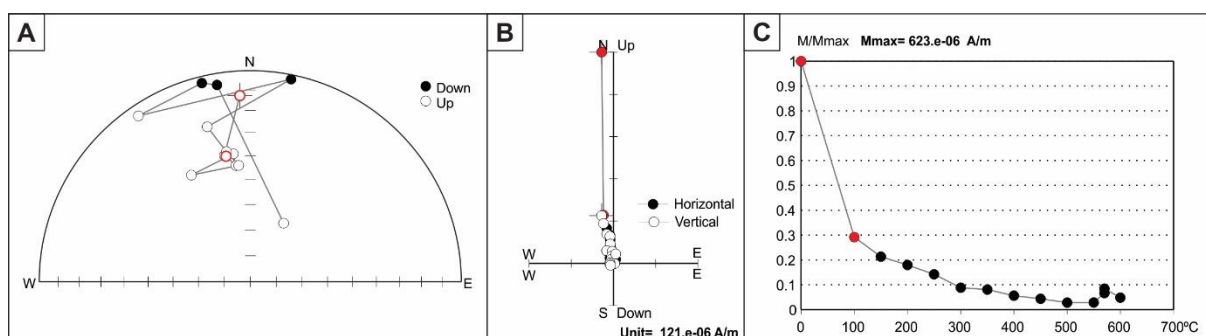
A maioria das amostras é portadora de pelo menos uma componente magnética, porém um pequeno número apresentou comportamento magnético instável quando submetido à desmagnetização por etapas e nenhuma componente magnética pode ser isolada. A coleção, em geral, apresenta diferentes tipos de componentes principais, que estão relacionadas com o tipo litológico ou mineralógico e a posição estratigráfica na unidade amostrada.



Foram identificadas 3 principais componentes, denominadas A, B e C, sendo a B mais frequente.

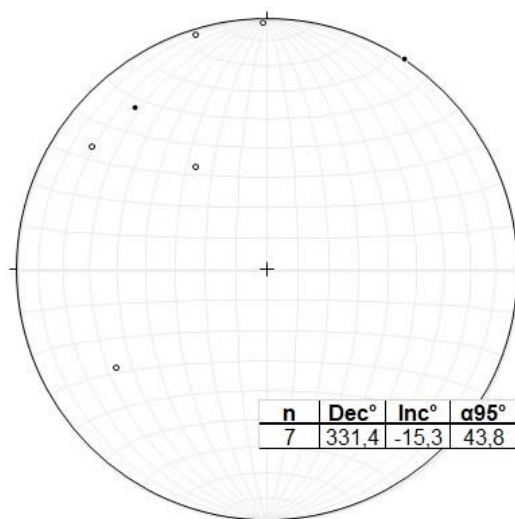
- **Componente A:**

É isolada em 7 das amostras analisadas, em temperaturas abaixo de 100°C, geralmente quando ocorre uma grande perda do magnetismo presente na rocha logo no começo do tratamento térmico, conforme pode ser observado na curva de desmagnetização da Figura 6.3. Além disso, pode-se notar uma mudança abrupta no comportamento dos pontos, no intervalo de 0 a 100 °C, no estereograma (Figura 6.3A) e no diagrama de Zijderveld (Figura 6.3B) da mesma amostra.



**Figura 6.3** – A) Estereograma, B) diagrama e C) curva de desmagnetização da amostra CA 14, evidenciando comportamento da componente A.

A componente A corresponde à magnetização mais recente adquirida pelas amostras, que se sobrepõe às outras duas componentes observadas. No entanto, diferentemente das outras componentes isoladas, não apresenta um padrão, isso é, exibe valores discrepantes de declinação e inclinação, conforme mostra o estereograma da Figura 6.4.

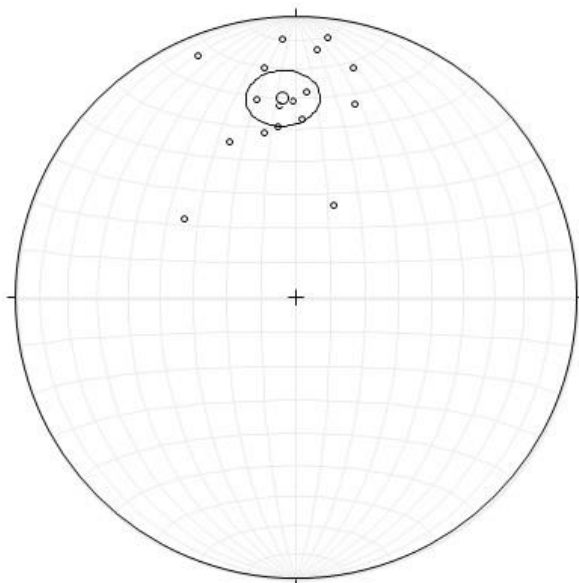


**Figura 6.4** – Estereograma com dados de Declinação e Inclinação das amostras da coleção CA que contêm a componente A.

Os valores de declinação e inclinação da componente A, após a aplicação da estatística de Fisher, são Dec:  $331,4^{\circ}$  e Inc:  $-15,3^{\circ}$  ( $n = 7$ ), contudo, devido a essa discrepância nos dados, o erro ( $\alpha_{95} = 43,8$ ) é alto e, por isso, os valores da estatística não são considerados.

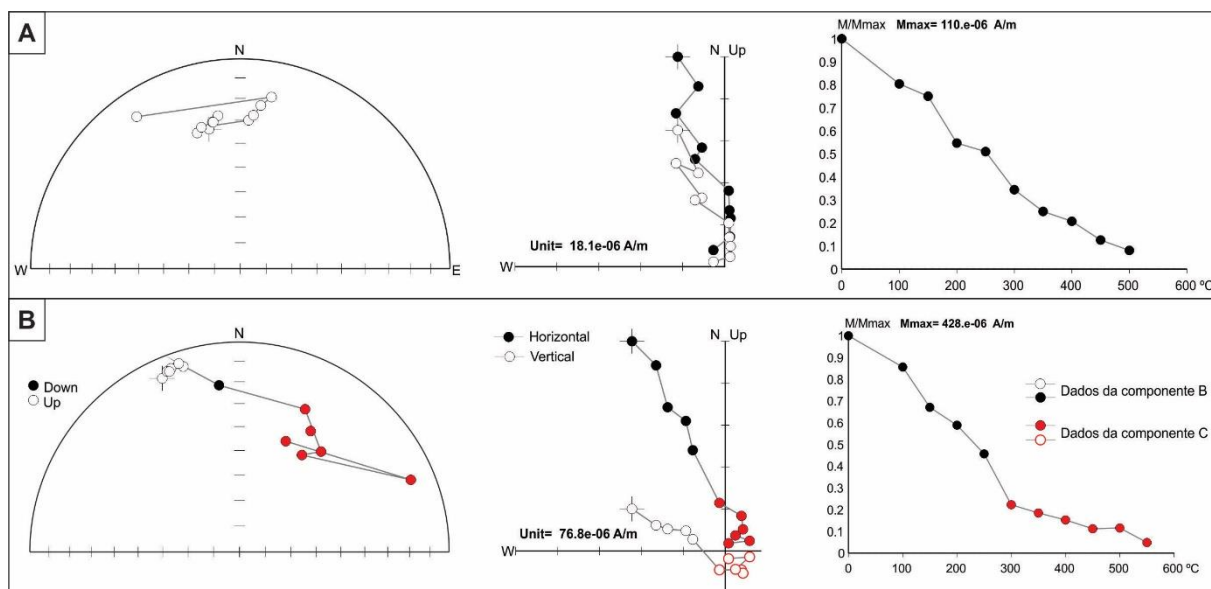
- **Componente B:**

A componente B, intermediária, é a mais comum entre as amostras da coleção (Figura 6.5), sendo isolada em 17 de 25 da seção La Cabañita. É caracterizada por uma temperatura entre  $100$  e  $350^{\circ}\text{C}$ , com direção aproximada para Norte e inclinação negativa, Dec:  $356,2$ , Inc:  $-29,7$ , que corresponde à polaridade normal (similar ao campo geomagnético atual) no hemisfério Sul.



**Figura 6.5** – Estereograma com dados das amostras da coleção CA que carregam a componente B.

Essa componente é considerada também secundária, sendo a intermediária entre a A e a original. Ela pode ser identificada tanto em amostras na qual é a única componente (Figura 6.6A), como em amostras que apresentam também A ou C (Figura 6.6B). Foi identificada em amostras esverdeadas e cinzas.

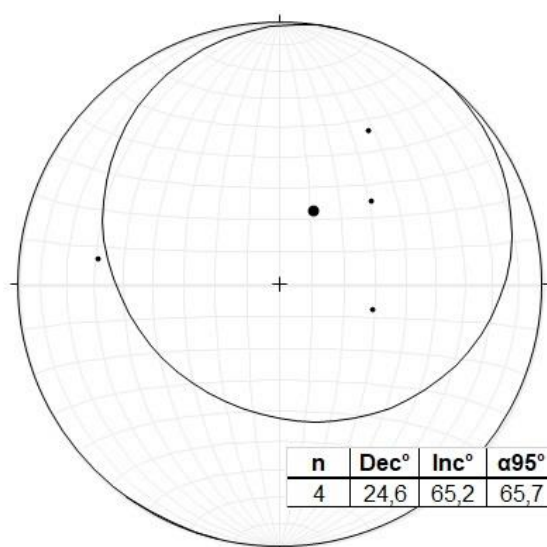


**Figura 6.6** – Exemplos de amostras da coleção CA que carregam A) apenas a componente B (CA 04) e B) componentes B e C (CA 16).

Pode-se ver na Figura 6.6 que os pontos correspondentes à componente B encontram-se sempre agrupados, aproximadamente no mesmo local do estereograma, mesmo quando não são a única componente presente na amostra.

- **Componente C:**

A componente C é verificada em poucas amostras do conjunto CA, apenas 4 (Figura 6.7). É desbloqueada em temperaturas acima de 350°C, alcançando até 625°C, sendo a componente de mais alta temperatura. Possui direção média para NE e inclinação positiva e corresponde à polaridade normal no hemisfério Norte atual. Os valores de declinação e inclinação, segundo estatística de Fisher, são Dec: 24,6° e Inc: 65,2°. No entanto, os dados se apresentam muito dispersos, o que gera um erro muito grande e, por isso, a estatística de Fisher para essa componente não pode ser considerada confiável.

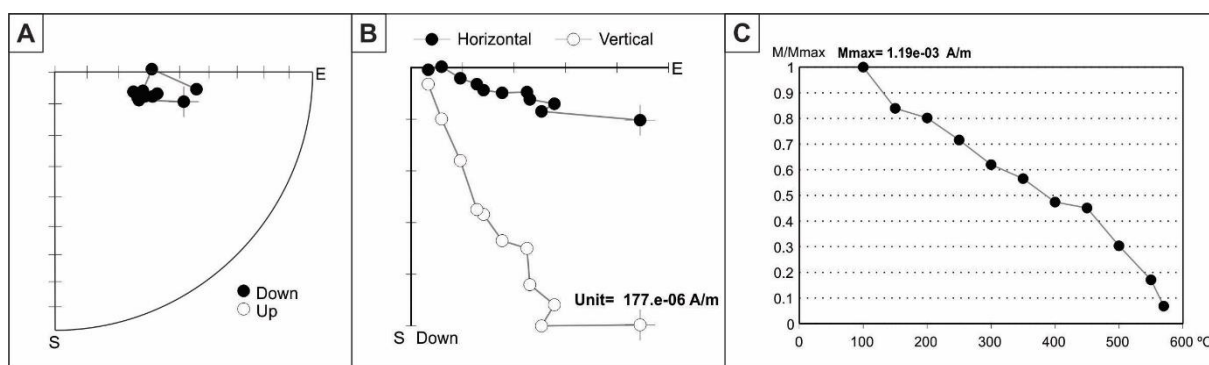


**Figura 6.7** - Estereograma com dados das amostras da coleção CA que carregam a componente C.

Nas amostras da coleção CA, o material argiloso ou siltoso apresenta cor esverdeada ou cinza. A componente C pode aparecer isolada em uma amostra, ou juntamente com a componente B, geralmente após aproximadamente 350 °C.

Assim como mostra a Figura 6.8, a componente C sempre ocorre com os pontos agrupados no estereograma e tendem à origem no diagrama, o que pode ser

um indício de que é a magnetização original, visto que se os pontos se concentram no mesmo local, a direção vetorial é a mesma para várias temperaturas diferentes e isso geralmente acontece quando há somente uma população de vetores sendo medida. Outro indício são as temperaturas mais altas de desbloqueio, que pode ser um fator que permitiu a preservação do magnetismo natural em certas amostras.



**Figura 6.8** - A) Estereograma, B) diagrama e C) curva de desmagnetização da amostra CA 13, exemplificando o comportamento da componente C.

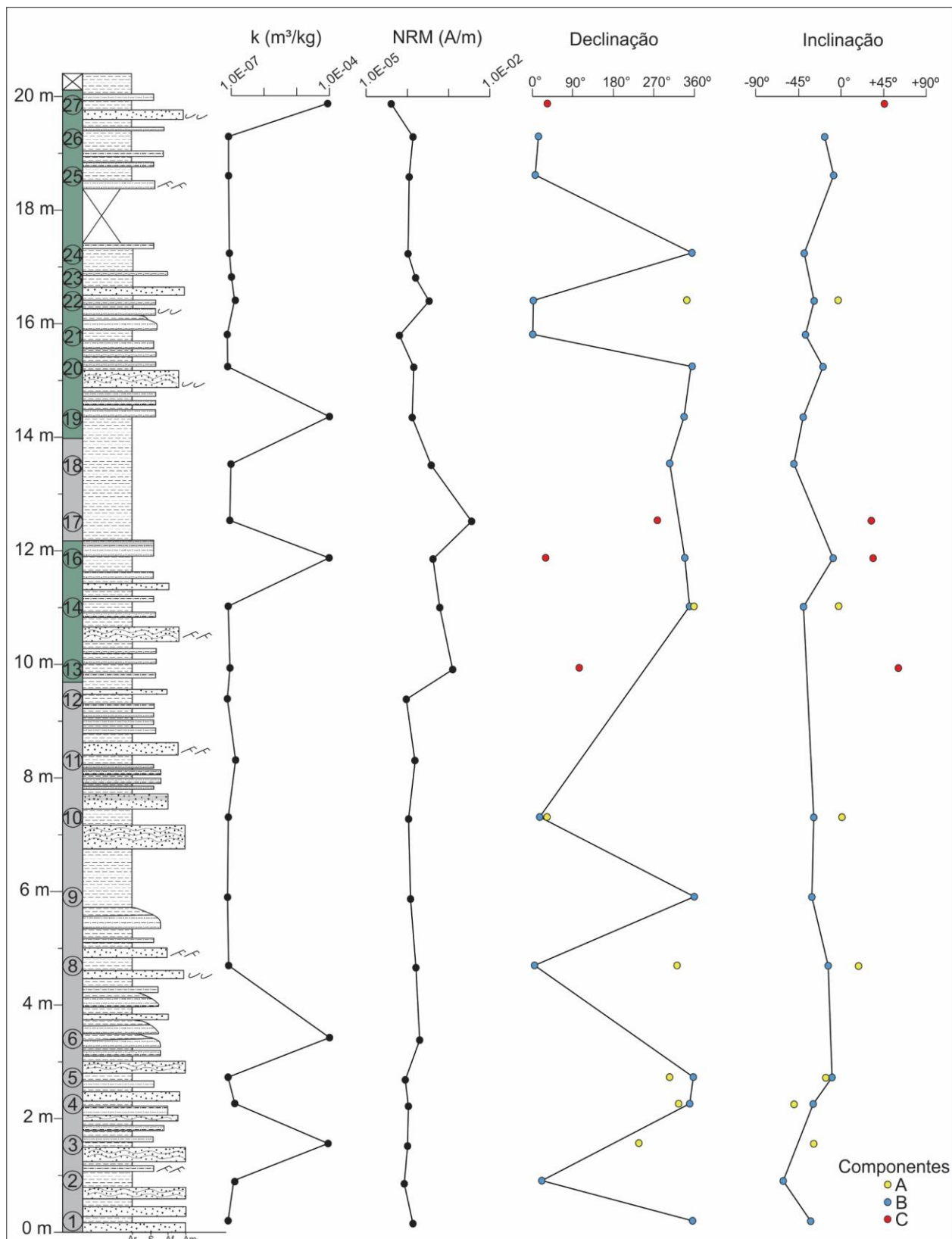
### 6.1.2. Susceptibilidade e NRM

A suscetibilidade magnética pode ser considerada como a capacidade de um material de se magnetizar quando submetido à ação de um campo magnético. Esse parâmetro foi medido em laboratório antes do início do tratamento térmico, bem como nos intervalos entre cada etapa de temperatura. Os resultados são exibidos espacialmente na estratigrafia da seção estudada, La Cabañita (Figura 6.9).

Juntamente com a suscetibilidade, são exibidos os resultados da NRM (Figura 6.9), que são os dados magnéticos adquiridos também previamente ao tratamento térmico, isso é, correspondem à temperatura inicial de 0 °C ou, conforme alguns autores adotam, aproximadamente 25 °C (temperatura ambiente).

Ainda, os dados de declinação e inclinação também são representados, para todas as componentes. As linhas apresentadas, nesses gráficos, são referentes à componente B, intermediária.

O APÊNDICE A mostra os dados numéricos das amostras da coleção CA.



**Figura 6.9** – Dados de susceptibilidade (k), NRM, declinação e inclinação das amostras da seção La Cabañita, dispostas conforme suas posições estratigráficas.

## 6.2. Coleção TSE-13

A coleção TSE-13 apresenta 4 tipos diferentes de resultados nos diagramas e estereogramas. O primeiro modelo, assim como na coleção CA, mostra os pontos concentrados em certos locais dos estereogramas e segmentos bem marcados nos diagramas de Zijderveld, o que permite separar as componentes e calculá-las.

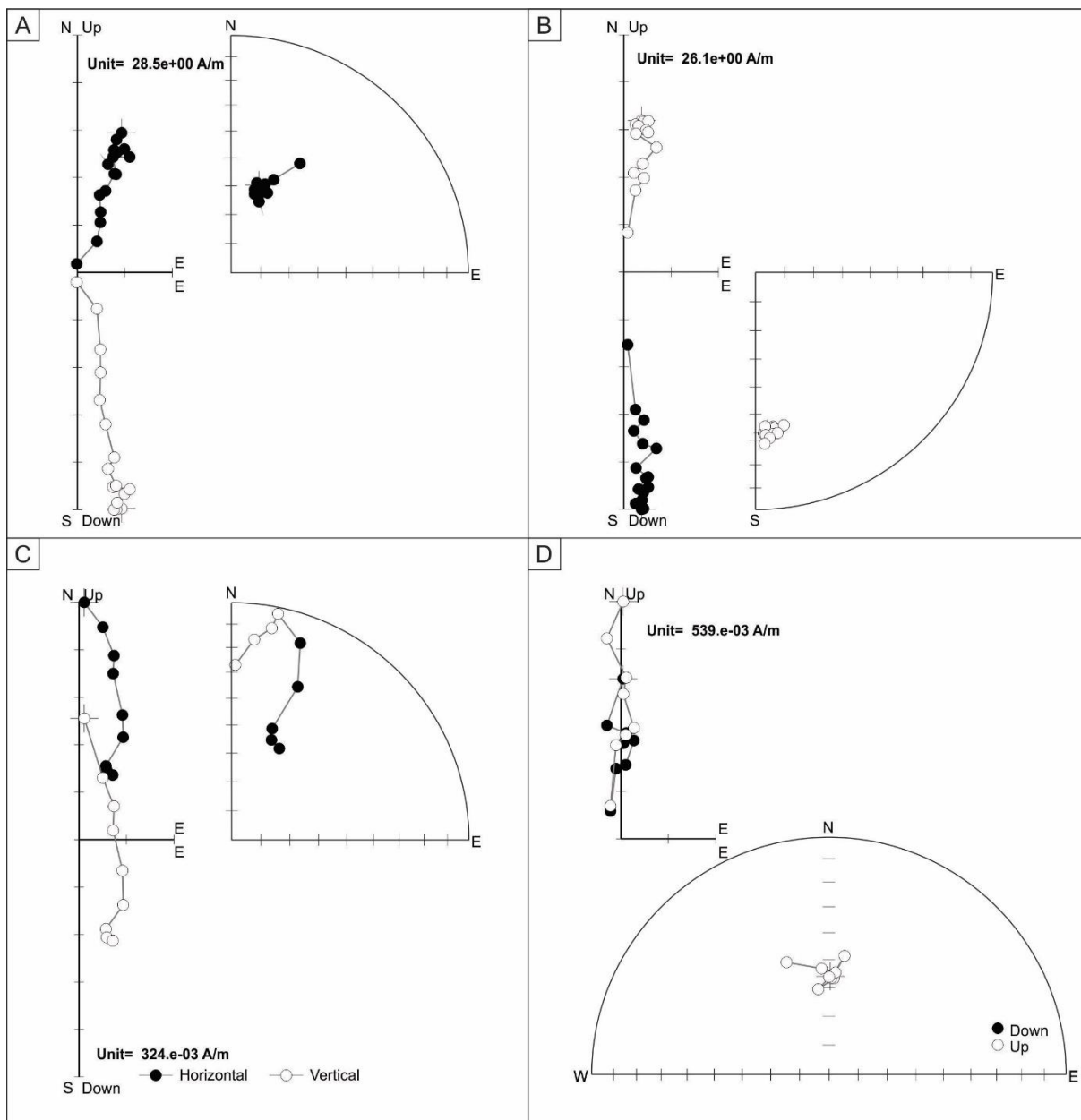
Porém, diferentemente da coleção CA, os parâmetros levados em conta na separação dos tipos de resultados para o testemunho TSE-13 permitiram classificar o modelo dos pontos aglomerados em duas diferentes categorias: os diagramas que mostram inclinação positiva e aqueles com inclinação negativa.

O parâmetro utilizado foi a cor de cada amostra, pois, na coleção TSE-13, há uma forte relação com o comportamento dos dados. Enquanto a seção CA apresenta apenas exemplares cinzas e esverdeados, no testemunho TSE-13 existem espécimes vermelhos.

Sendo assim, a porção vermelha do testemunho apresenta dados agrupados no estereograma, com direção N, com pequenas variações para NE ou NW e inclinação positiva, representando o primeiro tipo entre os resultados obtidos (Figura 6.10A). O segundo tipo também diz respeito às amostras vermelhas, com comportamento dos dados semelhante ao primeiro modelo, porém com direção inversa (Figura 6.10B). Tanto no tipo 1 quanto no tipo 2, observa-se pelo diagrama de Zijderveld, que os dados tendem à origem.

O terceiro tipo (Figura 6.10C) representa as amostras evidentemente remagnetizadas, assim como na coleção CA, em que os dados seguem aproximadamente um traço de um grande círculo no estereograma. No diagrama de Zijderveld, constata-se que os dados também variam e apresentam pelo menos dois segmentos, com direções aproximadas, mas diferentes. Nesse modelo, os dados muitas vezes não são direcionados à origem. Corresponde a amostras cinzas e esverdeadas.

O último modelo é semelhante ao modelo 1, com dados concentrados, de direção aproximada N, mas com inclinação negativa (Figura 6.10D).



**Figura 6.10** – Tipos de resultados (estereogramas e diagramas de Zijderveld) encontrados para a coleção TSE-13. Amostras A) TSE13-12.21; B) TSE13-11.48; C) TSE13-04.86; D) TSE13-00.14.

### 6.2.1. Componentes (TSE-13)

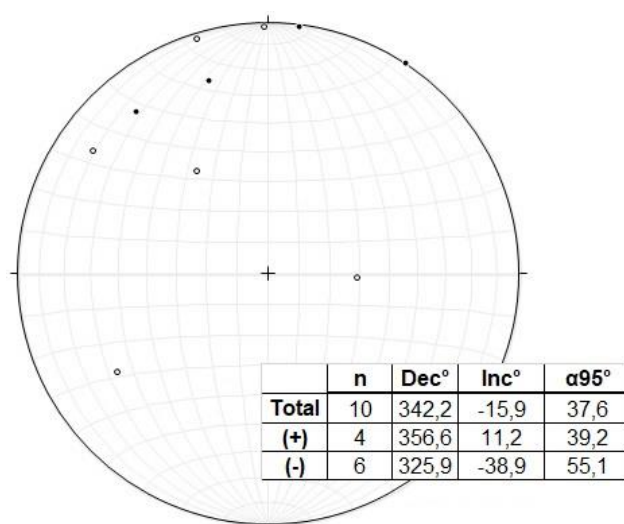
As componentes principais isoladas para o testemunho TSE-13 correspondem às componentes A, B e C da coleção CA. Nesse caso, a componente C é totalmente relacionada ao tipo litológico/mineralógico, no caso, às amostras vermelhas, que são encontradas em determinado intervalo do testemunho amostrado, de 31,81 a 39,22 m.



- **Componente A:**

É isolada em apenas 3 das amostras analisadas, nas quais se apresenta mais desenvolvida, em temperaturas  $\leq 100^{\circ}\text{C}$ . Da mesma forma que observado em CA, os dados não apresentam um padrão e, por isso, exibem valores discrepantes de declinação e inclinação. Para o cálculo de Dec e Inc da componente a partir da estatística de Fisher, o erro ( $\alpha_{95}$ ) é muito grande devido a essa discrepância e também pelo fato de haver apenas 3 valores.

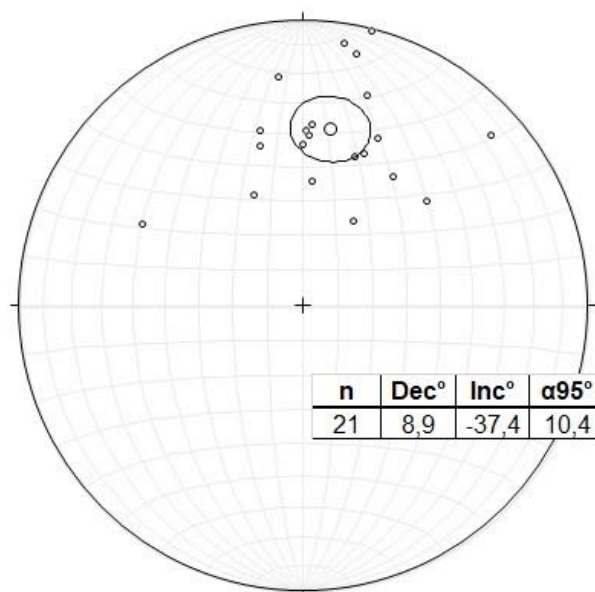
Sendo assim, o universo amostral foi adicionado àquele da coleção CA, obtendo um estereograma geral da componente A, com  $n = 10$ , cujo resultado é Dec:  $342,2^{\circ}$  e Incl:  $-15,9^{\circ}$ , porém com erro ainda bastante alto,  $\alpha_{95} = 49,5^{\circ}$ . Como há dados tanto de inclinação positiva como negativa, é apresentada também uma tabela com os valores da estatística de Fisher para cada grupo (Figura 6.11).



**Figura 6.11** – Estereograma com dados de ambas coleções, CA e TSE-13, em relação à componente A.

- **Componente B:**

A componente B é a mais difundida também entre as amostras da coleção TSE-13, sendo isolada em 21 em um total de 30. As temperaturas de desmagnetização são inferiores a  $350^{\circ}\text{C}$ . Segundo a estatística de Fisher, apresenta Dec:  $8,9^{\circ}$  e Inc:  $-37,4^{\circ}$  (Figura 6.12).

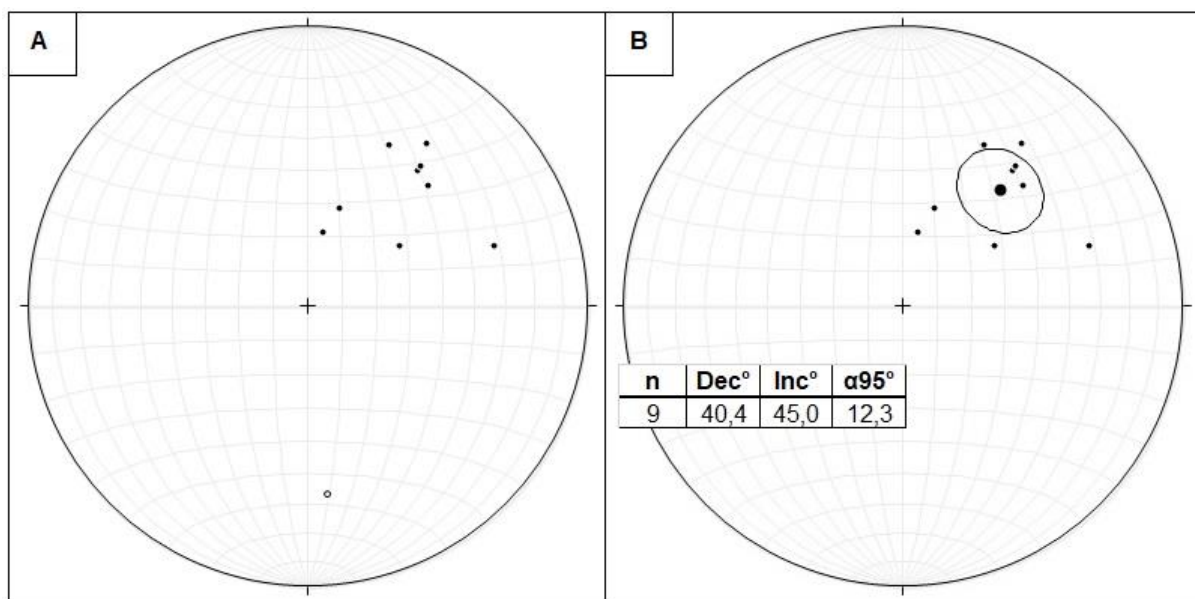


**Figura 6.12** –Estereograma com dados das amostras que carregam a componente B na coleção TSE-13.

- **Componente C:**

A componente C é isolada nas 10 amostras vermelhas da coleção TSE-13, em temperaturas entre 600 e 675°C. A coloração é avermelhada devido à composição mineralógica, possivelmente com alto teor de hematita.

A Figura 6.13A mostra os dados da componente C, com direção N ou NE e inclinação positiva. Percebe-se a existência de um dado inverso (direção sul, inclinação negativa), o qual é desconsiderado para a aplicação da estatística de Fisher (Figura 6.13B). O cálculo resulta em Dec: 40,4° e Inc: 45,0°, com  $n = 9$  e  $\alpha_{95} = 12,3^{\circ}$ .



**Figura 6.13** – Estereogramas com A) dados das amostras da coleção TSE-13 que carregam a componente C e B) aplicação da estatística de Fisher.

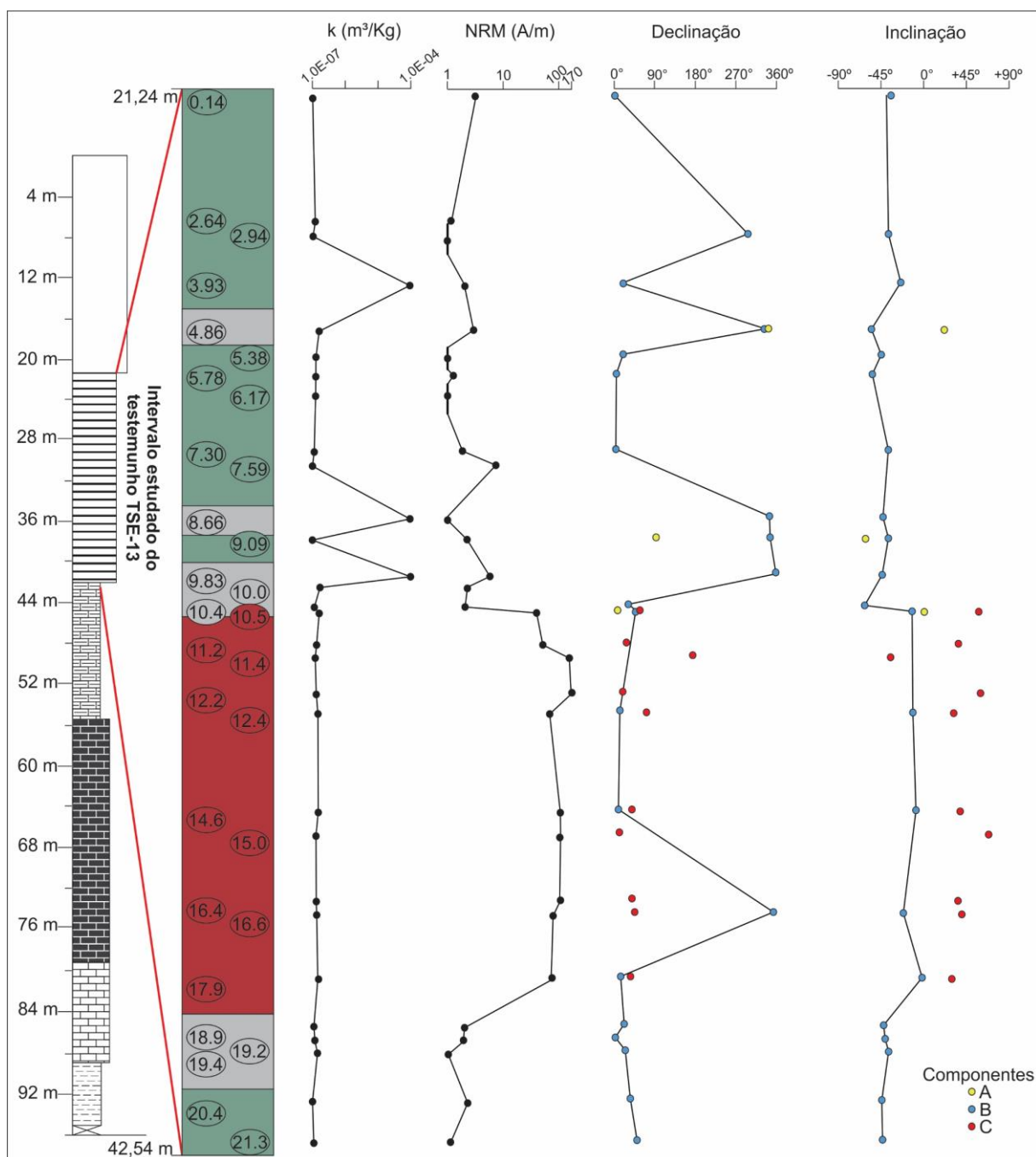
A componente C pode aparecer isolada ou juntamente com a componente B, conforme já visto, geralmente após aproximadamente 350 °C. Porém apenas quando apareceu isolada foi possível calculá-la com o método das componentes principais a partir do próprio *software* Remasoft. Quando aparece juntamente com a componente B, integra o desenho que segue um traçado de um grande círculo (considerado tipo 3 de resultados obtidos para TSE-13) e, nesses casos, apenas a componente de menor temperatura pode ser calculada dessa maneira.

### 6.2.2. Susceptibilidade e NRM

Assim como para CA, os resultados de susceptibilidade e NRM são apresentados conforme sua distribuição espacial no testemunho amostrado (Figura 6.14). No entanto, nesse caso, não dá uma descrição litológica detalhada da porção estudada do testemunho. Vale ressaltar que, nesse caso, os nomes dos exemplares apresentam a profundidade em que foram amostrados a partir do início do acamamento heterolítico, em 21,24 m.

Juntamente, apresentam-se os dados de declinação e inclinação de todas as componentes. As linhas apresentadas são referentes à componente B, intermediária.

O APÊNDICE B mostra os dados numéricos das amostras do testemunho TSE-13.



**Figura 6.14** - Dados de susceptibilidade ( $k$ ), NRM, declinação e inclinação das amostras do testemunho TSE-13, posicionadas conforme suas profundidades. As cores representam as colorações das amostras da coleção TSE-13, esverdeadas, cinzas e vermelhas.

### 6.3. Coleção TA-21

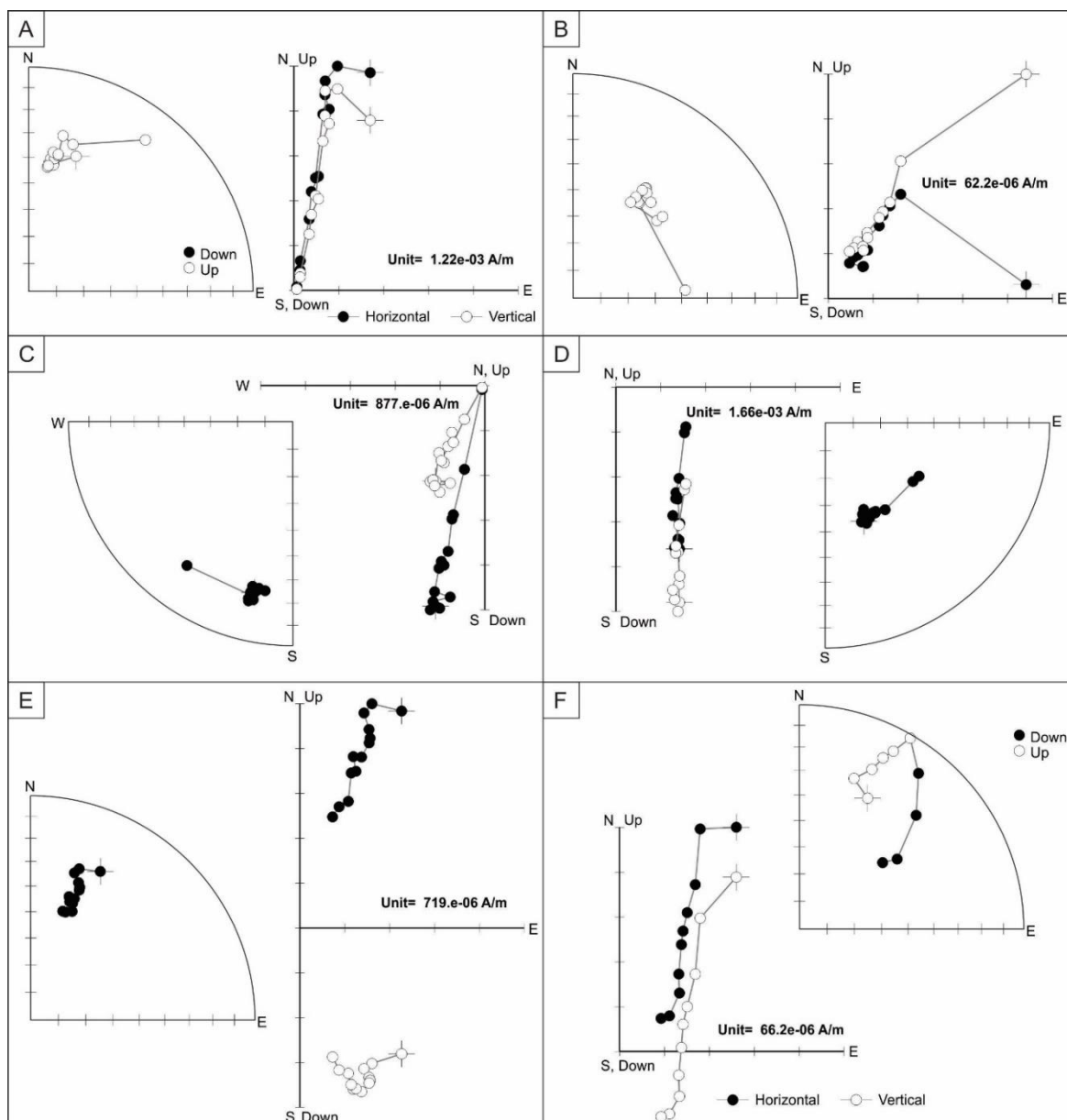
A coleção TA-21 apresenta variadas combinações de estereogramas e diagramas de Zijderveld, devido ao grande número de amostras analisadas, 119 no total. Sendo assim, foram separados 4 tipos principais de dados entre os resultados obtidos para esse conjunto.

O primeiro tipo (Figuras 6.15A e 6.15B) mostra os pontos, com direção aproximada Norte, concentrados no hemisfério superior nos estereogramas, com inclinação negativa, e segmentos, na maioria das vezes, bem marcados nos diagramas de Zijderveld. Os dados possuem direção, preferencialmente, para N, com variações para NE ou NW e, em alguns casos, os tendem à origem, conforme a Figura 6.15A.

O segundo padrão (Figuras 6.15C e 6.15D) apresenta dados inversos ao primeiro, ou seja, direção aproximada para S, com variações para SE e SW, com inclinação positiva. Predominantemente, os segmentos nos diagramas de Zijderveld tendem à origem, a exemplo da amostra da Figura 6.15C.

O terceiro tipo (Figura 6.15E), pouco frequente, é caracterizado por dados concentrados no hemisfério Norte dos estereogramas, mas com inclinação positiva. Da mesma forma que os modelos anteriores, os pontos podem ou não tender à origem.

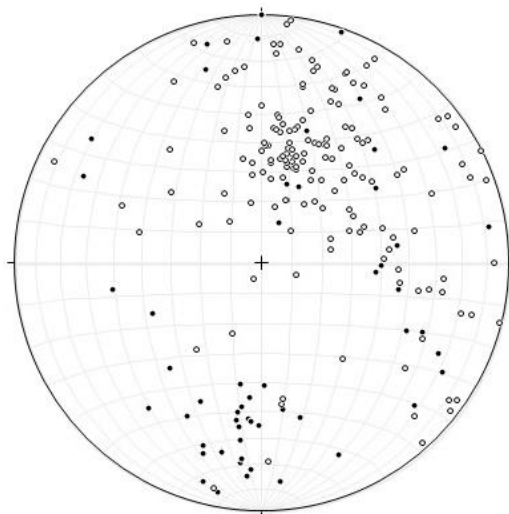
O último modelo (Figura 6.15F) exhibe as amostras evidentemente remagnetizadas, da mesma forma vista nas coletâneas anteriores, em que os dados seguem o traçado de um grande círculo no estereograma. Neste caso, os segmentos também são bem marcados e, geralmente, retilíneos nos diagramas de Zijderveld.



**Figura 6.15** – Tipos de diagramas da coleção TA-21, exemplificados pelas amostras A) TA-21-53.60 B) TA-21-87.40 C) TA-21-50.29 D) TA-21-47.31 E) TA-21-82.40 e F) TA-21-81.90.

### 6.3.1. Componentes (TA-21)

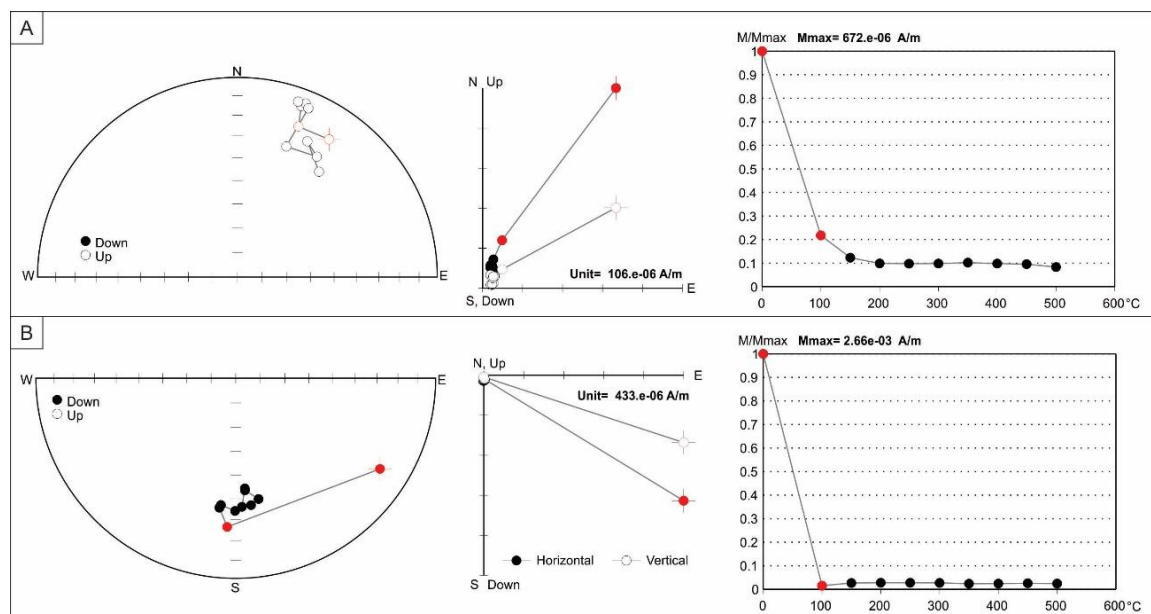
A análise dos dados obtidos permitiu identificar 3 componentes para a coleção TA-21. Também são chamadas de A, B e C. A Figura 6.16 mostra todos os dados, 217, de declinação e inclinação dos exemplares em um estereograma equi-área, independente da componente.



**Figura 6.16** – Dados de todas as componentes ( $n = 217$ ) calculadas para a coleção TA-21.

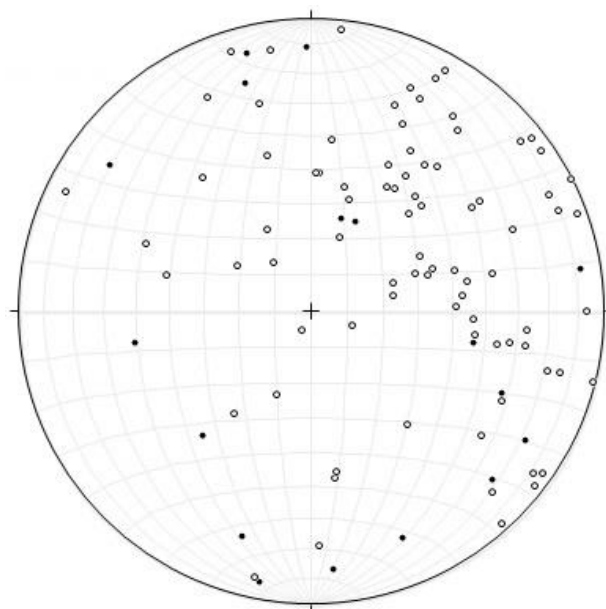
- **Componente A**

A componente A aparece em 102 amostras analisadas. É caracterizada por temperaturas inferiores a  $200^{\circ}$ , de baixa estabilidade. É isolada tanto em amostras vermelhas com intercalações acinzentadas, quanto nas totalmente cinzas. Conforme mostra a Figura 6.17, pode ser reconhecida em diferentes tipos de estereogramas e diagramas e, em alguns casos, encontra-se bastante desenvolvida, com segmentos bem marcados. Na Figura 6.17A, a componente A chega a  $100^{\circ}\text{C}$ , temperatura na qual a rocha perde cerca de 80% do sinal magnético e na Figura 6.17B, a rocha perde praticamente todo o sinal em  $100^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 6.17** – Amostras A) TA-21-67.95 e B) TA-21-68.46, exemplificando componente A (pontos vermelhos) bem desenvolvida na coleção TA-21.

Apesar de a componente A ser bastante frequente, conforme mostra o estereograma da Figura 6.18, a dispersão dos dados é muito grande e, por isso, o cálculo da estatística de Fisher é inviável.



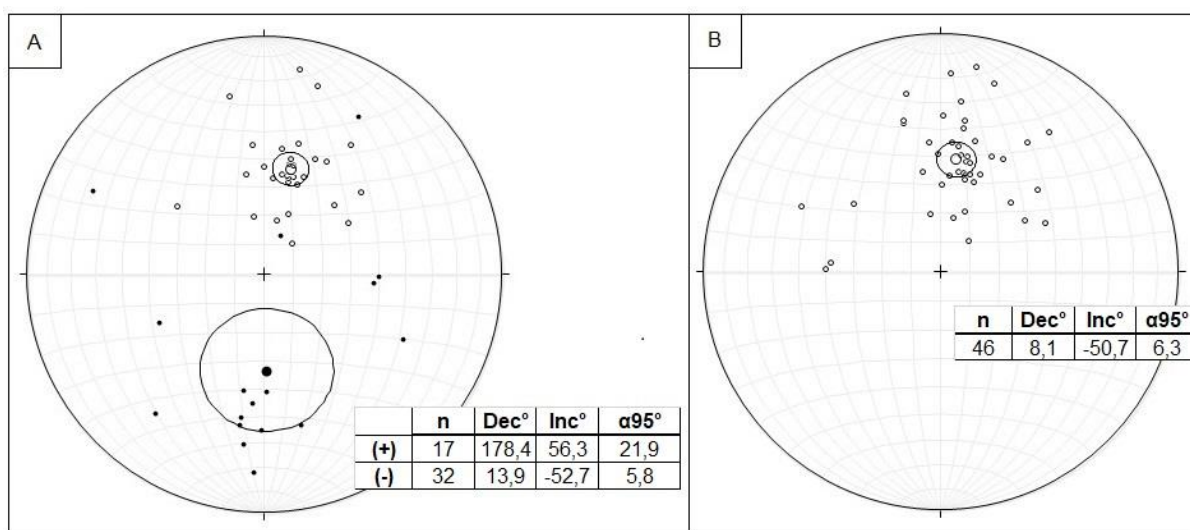
**Figura 6.18** – Estereograma com dados de amostras que carregam a componente A na coleção TA-21.



### • Componente B

A componente B é isolada em 49 amostras da coleção TA-21, tanto de coloração vermelha quanto cinza. Essa componente é considerada intermediária em razão dos dados não cruzarem ou tenderem à origem. Alcança altas temperaturas, chegando a 625 °C, e apresenta dupla polaridade, conforme evidenciado pelo estereograma da Figura 6.19A. Parte dos dados encontram-se no hemisfério Norte, com inclinação negativa, e parte no hemisfério Sul, com inclinação positiva. As direções médias para uma das polaridades são exibidas também na Figura 6.19A.

Para o cálculo geral da estatística de Fisher, os dados do hemisfério inferior foram convertidos para o superior e 3 dados (6,12% do total) foram descartados do cálculo por serem discrepantes do padrão, pois apresentavam inclinação positiva no hemisfério Norte (Figura 6.19B).



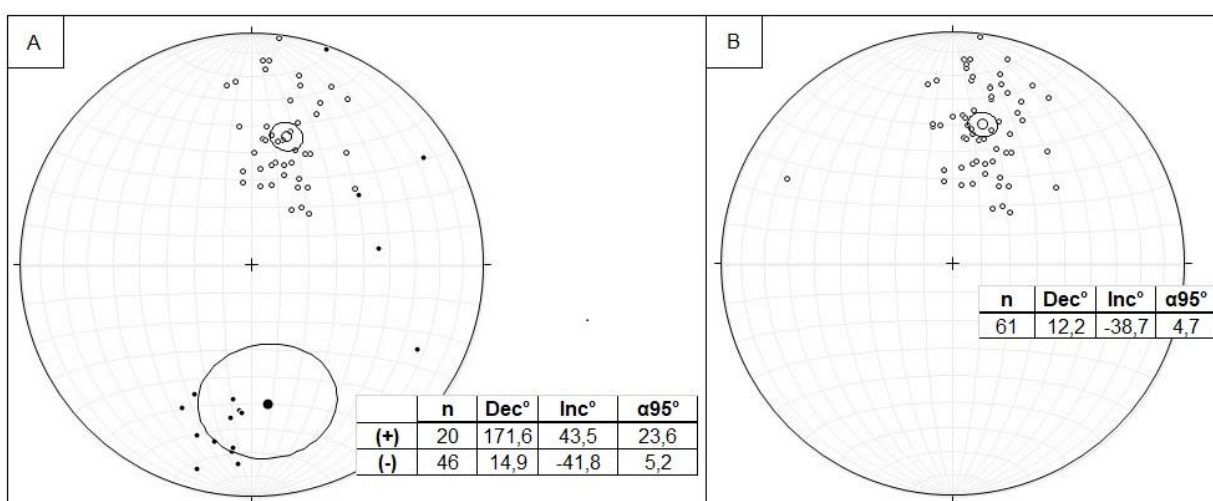
**Figura 6.19** – Estereogramas com A) dados das amostras que carregam a componente B na coleção TA-21, com direções médias para cada uma das polaridades e B) estatística de Fisher após conversão dos dados para o hemisfério superior.

O resultado da estatística de Fisher para a componente B da coleção TA-21 é Dec: 8,1° e Inc: -50,7°, com n = 46 e  $\alpha_{95} = 6,3^{\circ}$ .

- **Componente C**

A componente C é isolada em 66 exemplares do conjunto TA-21. É caracterizada por altas temperaturas, alcançando 675 °C e é encontrada em rochas das duas cores representativas do testemunho, vermelhas e cinzas. Também apresenta dupla polaridade dos dados, conforme a Figura 6.20A, com direções médias para cada conjunto, positivo e negativo. Assemelha-se à componente B, mas o critério para a denominação “C” é baseado na tendência dos dados à origem, ou seja, os dados nomeados de componente B não tendem à origem, enquanto os chamados de “C”, sim.

Assim como feito para a componente B, os dados do hemisfério inferior com inclinação positiva foram convertidos para o superior, com sinais negativos, para o cálculo da estatística de Fisher, que resulta em Dec: 12,2° e Inc: -38,7°, com  $n = 61$  e  $\alpha_{95} = 4,7^\circ$  (Figura 6.20B). Nesse caso, foram removidos 5 dados (7,57% do total) com direção Norte e inclinação positiva.



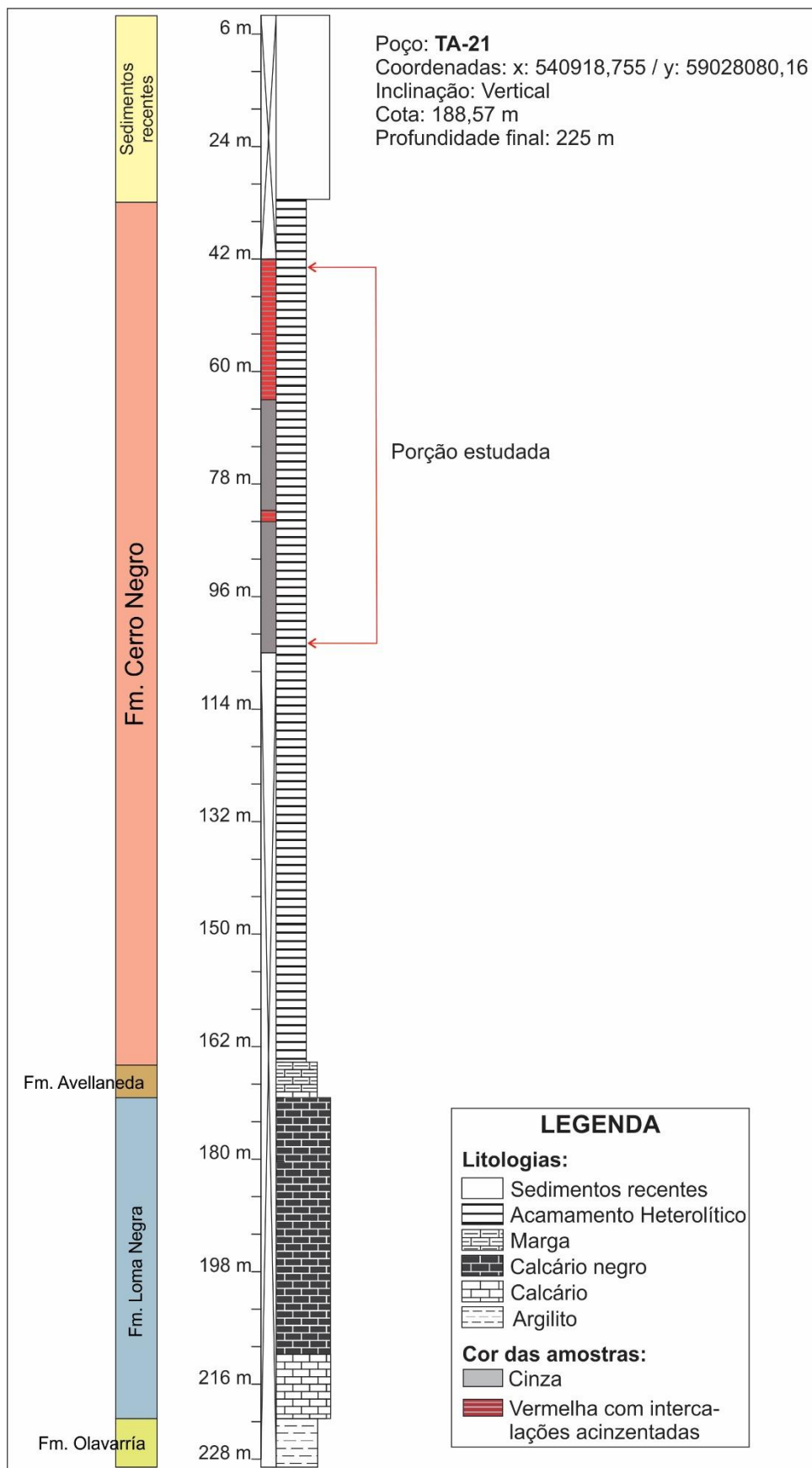
**Figura 6.20** - Estereogramas com A) dados das amostras que carregam a componente C na coleção TA-21, com direções médias para cada uma das polaridades e B) estatística de Fisher após conversão dos dados para o hemisfério superior.

### 6.3.2. Susceptibilidade e NRM

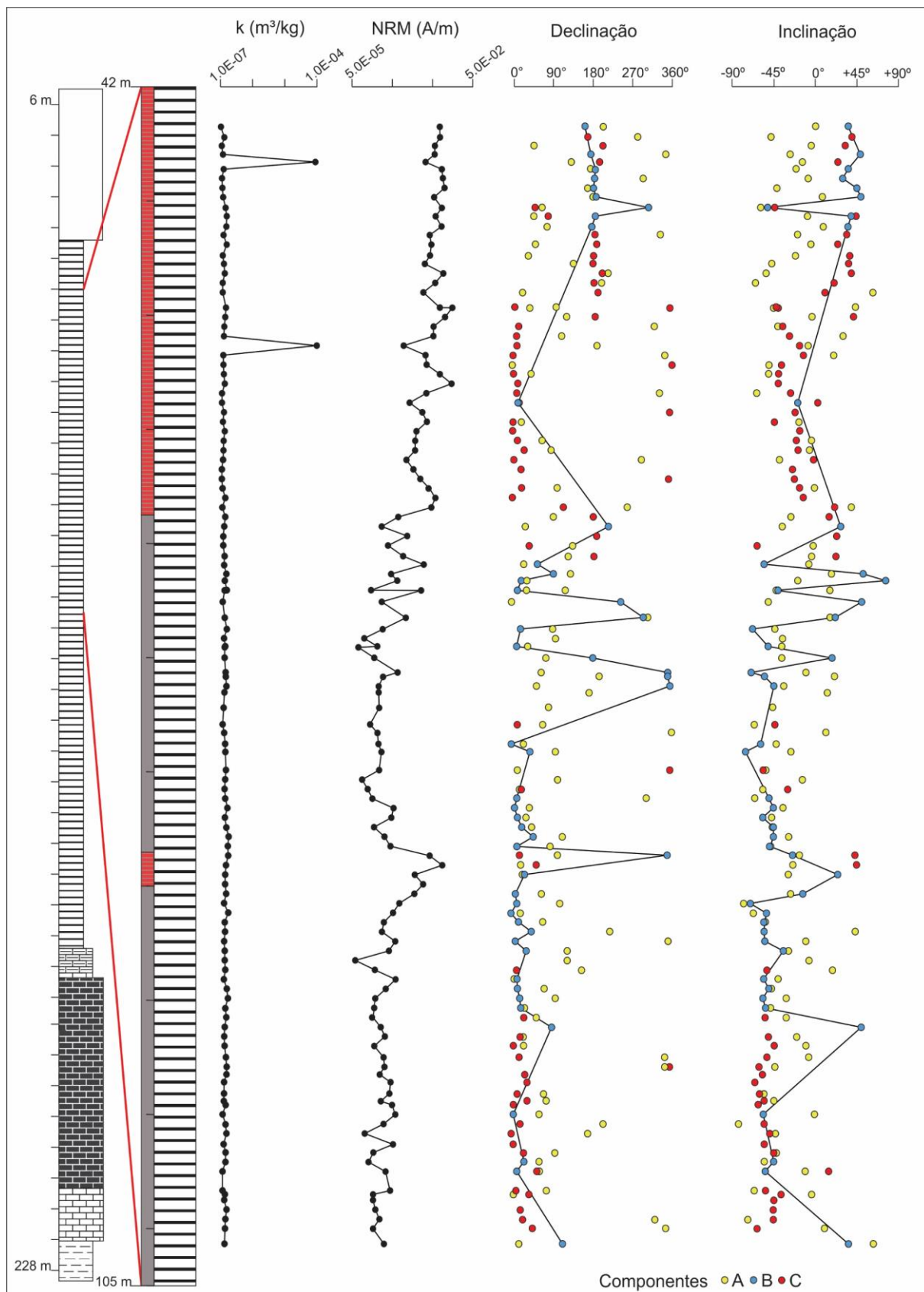
Para otimizar a visualização, a descrição do poço TA-21 foi simplificada, conforme a Figura 6.21.

Da mesma forma que apresentado para as coleções anteriores, a Figura 6.22 exibe os resultados de susceptibilidade e NRM de acordo com a profundidade das amostras no testemunho em questão. Simultaneamente, apresentam-se os dados de declinação e inclinação de todas as componentes. Nesses gráficos, as linhas apresentadas são referentes à componente B, intermediária.

O APÊNDICE C mostra os dados numéricos das amostras do testemunho TA-21.



**Figura 6.21** – Representação simplificada do testemunho TA-21.



**Figura 6.22** - Dados de susceptibilidade ( $k$ ), NRM, declinação e inclinação das amostras do testemunho TA-21, dispostas de acordo com suas profundidades.

## 7. DISCUSSÃO

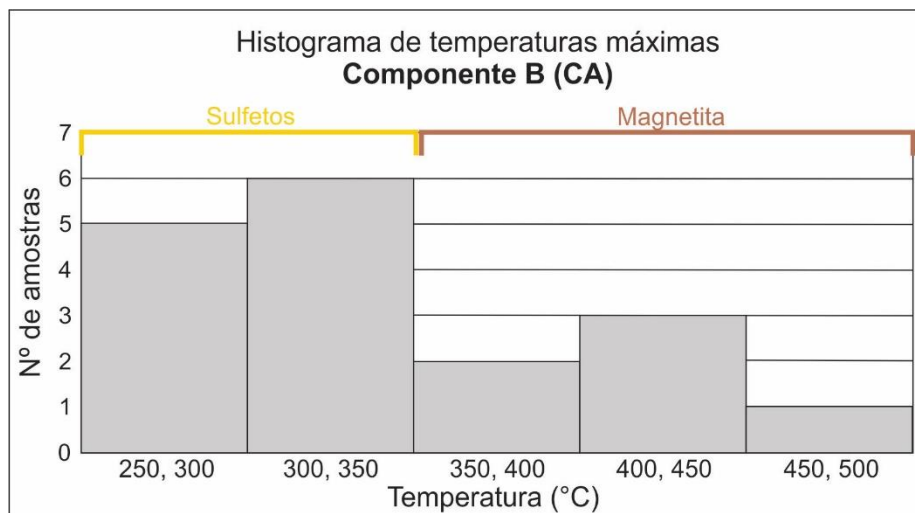
A partir dos resultados apresentados, algumas considerações podem ser feitas. Foram reconhecidas e isoladas 3 componentes principais em cada coleção. Os dados de CA e TSE-13 foram correlacionados e algumas vezes analisados em conjunto, pois as coleções são provenientes do mesmo local.

As componentes denominadas “A”, em cada coletânea, não puderam ser analisadas estatisticamente, devido à grande dispersão dos dados, o que leva a um erro bastante elevado e um resultado não coerente. As componentes agrupadas como “A” possuem baixa estabilidade, ou seja, baixas temperaturas de desmagnetização, e podem ser resultantes da ação do campo geomagnético atual ou de algum outro tipo de interferência, como por exemplo, o efeito de campo criado durante a perfuração com broca na coleta das amostras. Sendo assim, a estatística de Fisher não é considerada para as componentes A.

### • Coleção CA

No caso da seção La Cabañita, a componente mais evidente é a B, intermediária e, nesse caso, considerada secundária. A interpretação da magnetização remanescente natural característica fica impossibilitada, uma vez que praticamente toda a seção foi remagnetizada.

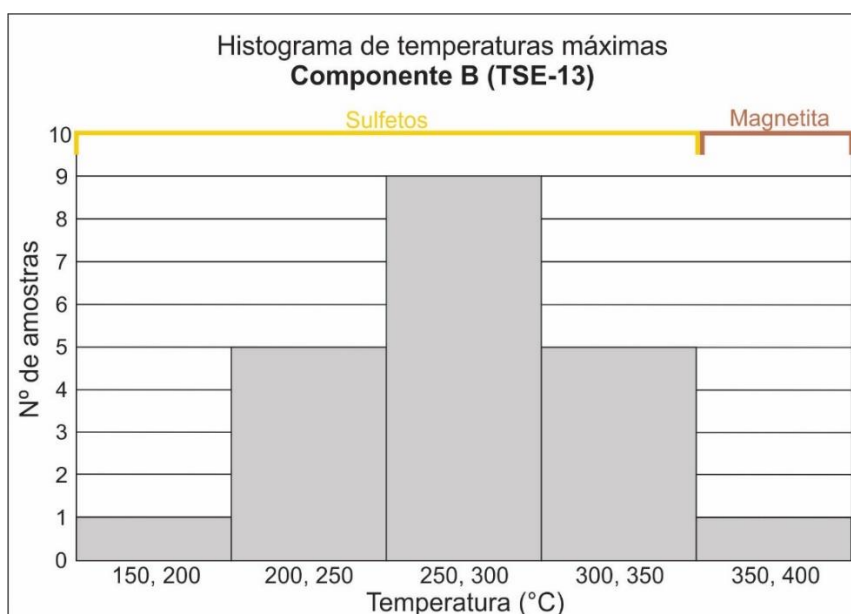
Os resultados da estatística de Fisher para a componente B da coleção CA são Dec: 356,2, Inc: -29,7, com  $n = 17$  e  $\alpha_{95} = 9,3^\circ$ , o que caracteriza uma polaridade normal no hemisfério Sul. A maioria das temperaturas máximas se encontram entre 250 e 350 °C, conforme mostra o histograma da Figura 7.1. Essas temperaturas são características dos sulfetos de ferro, considerados os principais minerais responsáveis por carregar a componente B na seção La Cabañita. Em menor proporção, há temperaturas máximas entre 400 e 500 °C, o que representa o campo de temperatura da magnetita.



**Figura 7.1** – Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente B (Coleção CA).

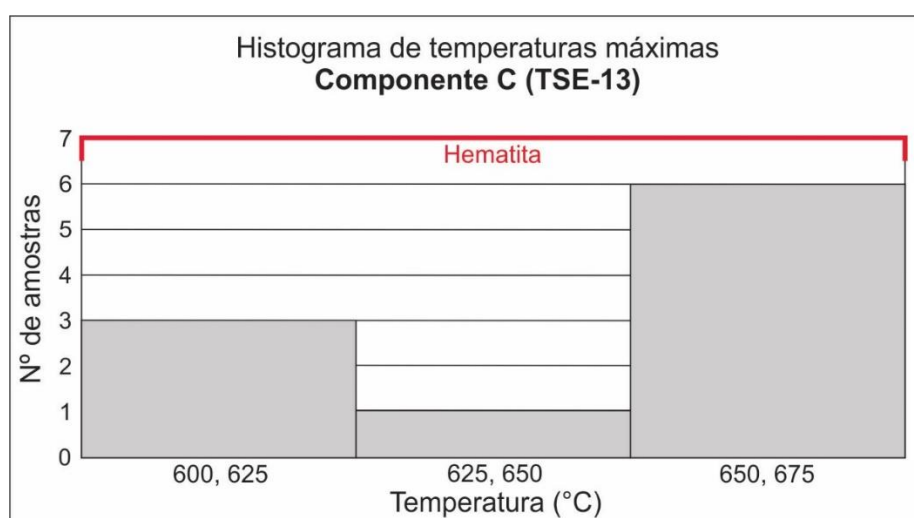
- **Coleção TSE-13**

Na coleção TSE-13 há duas componentes relevantes, B e C. A componente B é encontrada em amostras cinzas e esverdeadas. A estatística de Fisher resultou em Dec:  $8,9^\circ$  e Inc:  $-37,4^\circ$ , com  $n = 21$  e  $\alpha_{95} = 10,4^\circ$ , ou seja, polaridade normal. O histograma da Figura 7.2 evidencia que apenas uma amostra ultrapassa a temperatura de  $350^\circ\text{C}$  e, portanto, predominam os sulfetos de ferro como minerais carregadores da componente B na coleção TSE-13.



**Figura 7.2** - Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente B (Coleção TSE-13).

A componente C é isolada em determinado intervalo do testemunho, que apresenta coloração vermelha, e apresenta elevadas temperaturas de desmagnetização. A estatística de Fisher resulta em Dec:  $40,4^\circ$  e Inc:  $45,0^\circ$ , com  $n = 9$  e  $\alpha_{95} = 12,3^\circ$ , que seria compatível com uma polaridade normal no hemisfério Norte. O histograma da Figura 7.3 apresenta as temperaturas máximas para a componente C, expondo que os dados alcançam pelo menos  $600^\circ\text{C}$ . A temperatura de  $625^\circ\text{C}$  é característica da hematita, o que, juntamente com a associação com a cor vermelha, indica que esse é o mineral responsável por carregar a componente C na coleção TSE-13.



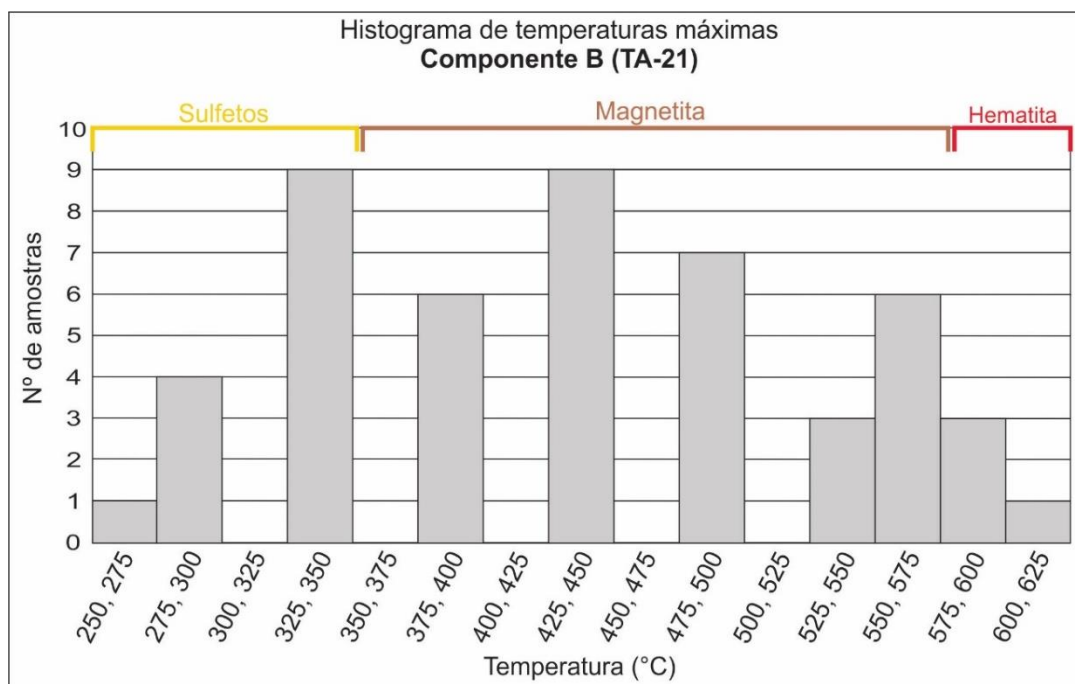
**Figura 7.3** - Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente C (Coleção TSE-13).

- **Coleção TA-21**

Na coleção TA-21, as componentes relevantes são B e C, ambas com dupla polaridade, isso é, com duas médias de inclinações, positivas e negativas.

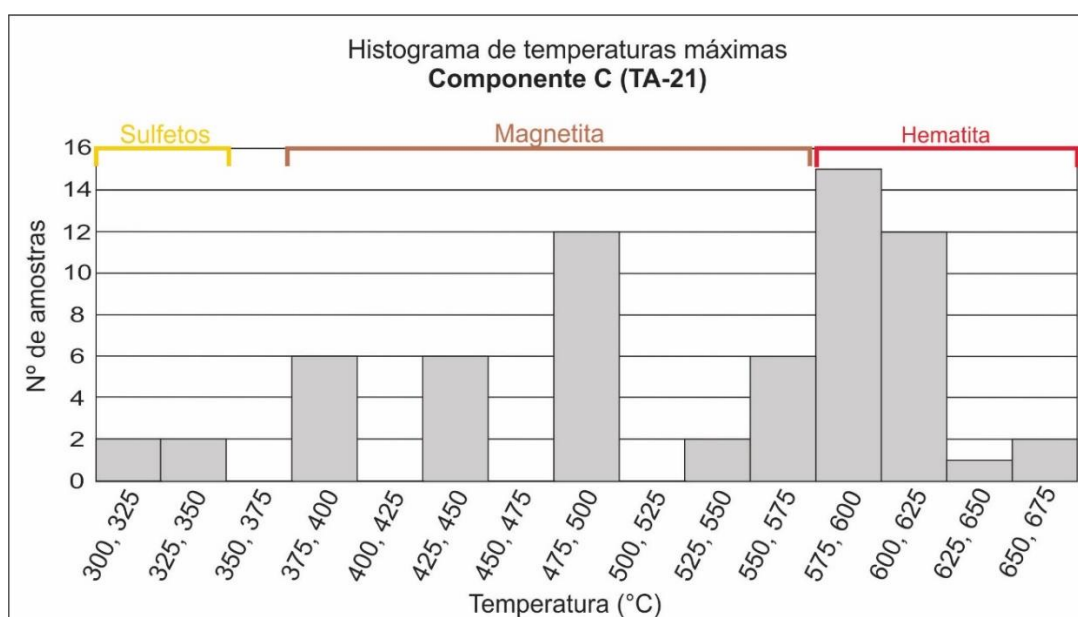
Os valores obtidos a partir da estatística de Fisher para a componente B, de TA-21, são Dec:  $8,1^\circ$  e Inc:  $-50,7^\circ$ , com  $n = 46$  e  $\alpha_{95} = 6,3^\circ$ . O histograma da Figura 7.4 apresenta as temperaturas máximas dessa componente e exibe um pico em  $350^\circ\text{C}$ , temperatura característica dos sulfetos. Após esse pico, há outras expressões até  $575^\circ\text{C}$ , o que sugere presença de magnetita, que tem como temperatura característica  $570^\circ\text{C}$ . Portanto, pode-se considerar que a componente B na coleção TA-21 é carregada tanto por magnetita quanto por sulfetos de ferro.





**Figura 7.4** - Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente B (Coleção TA-21).

Para a componente C, tem-se Dec:  $12,2^\circ$  e Inc:  $-38,7^\circ$ , com  $n = 61$  e  $\alpha 95 = 4,7^\circ$ . A Figura 7.5 retrata as temperaturas máximas para essa componente. Percebe-se que a maior concentração é entre 575 e 625 °C, evidenciando predomínio de hematita e, mais discretamente, presença de magnetita.



**Figura 7.5** - Histograma de temperaturas máximas dos dados da componente C (Coleção TA-21).

Na coleção TA-21, as componentes B e C foram isoladas, adotando-se um critério que B seria a intermediária, que não tende à origem, enquanto C seria a original, que chega ou tende à origem. No entanto, as duas componentes apresentaram direções muito semelhantes e podem ser consideradas a mesma componente.

### 7.1. Análise do sinal paleomagnético

Rapalini *et al.* (2013) conduziram um estudo paleomagnético nas regiões de Olavarría e Barker, na Argentina, a partir de amostras dos Grupos Sierras Bayas e La Providencia. Os resultados revelaram a existência de 6 componentes, denominadas de A a F, descritas a seguir. Para facilitar o entendimento, as componentes isoladas no trabalho de Rapalini *et al.* (2013) serão chamadas: rA, rB, rC, rD, rE e rF.

Segundo Rapalini *et al.* (2013), a componente rA é descrita como uma magnetização de baixa temperatura, geralmente  $\leq 350$  °C, e baixa coercividade. Foi isolada principalmente, mas não exclusivamente, em amostras da Fm. Villa Mónica. Possui direção média para norte e inclinações negativas (polaridades normais), com Dec:  $355,9^\circ$ , Inc:  $-49,3^\circ$  e  $\alpha_{95} = 6,1^\circ$ . Essa componente é considerada, pelos autores, como recentemente adquirida ( $< 780$  mil anos).

A componente rB é a mais difundida entre as litologias do Grupo Sierras Bayas, mas aparentemente não foi reconhecida na Fm. Cerro Negro. Possui alta temperatura de desbloqueio, alta coercividade e dupla polaridade, com direção média em Dec:  $356,8^\circ$ , Inc:  $-58,0^\circ$ , com  $\alpha_{95} = 4,1^\circ$ . Essa componente é também considerada secundária, de origem pós-tectônica (Rapalini *et al.*, 2013).

São considerados dois minerais como portadores magnéticos principais: hematita, devido temperaturas de desbloqueio  $\geq 640^\circ$  C e magnetita, pelas temperaturas de desbloqueio próximas a  $580-590^\circ$  C (Rapalini *et al.* 2013). Contudo, em algumas amostras são considerados ainda, goethita, devido à perda de 30-70% do sinal magnético a  $100-150^\circ$  C e pirrotita, por haver uma queda significativa na intensidade da magnetização entre  $300$  e  $350^\circ$  C.

A componente rC corresponde a arenitos a pelitos roxos da Fm. Cerro Negro. É transportada por hematita, conforme definido por temperaturas de desbloqueio superiores a 650 °C e é considerada como a magnetização primária da unidade. Possui Dec: 28,7°, Inc: 56,1°,  $\alpha_{95} = 9,5^\circ$  (Rapalini *et al.* 2013).

Por sua vez, a componente rD, encontrada em níveis superiores da Fm. Olavarría, possui Dec: 349,3°, Inc: 49,9°, com  $\alpha_{95} = 7,0^\circ$  e é considerada como uma magnetização possivelmente primária. Temperaturas de desbloqueio superiores a 630 °C sugerem hematita como mineral portador (Rapalini *et al.* 2013).

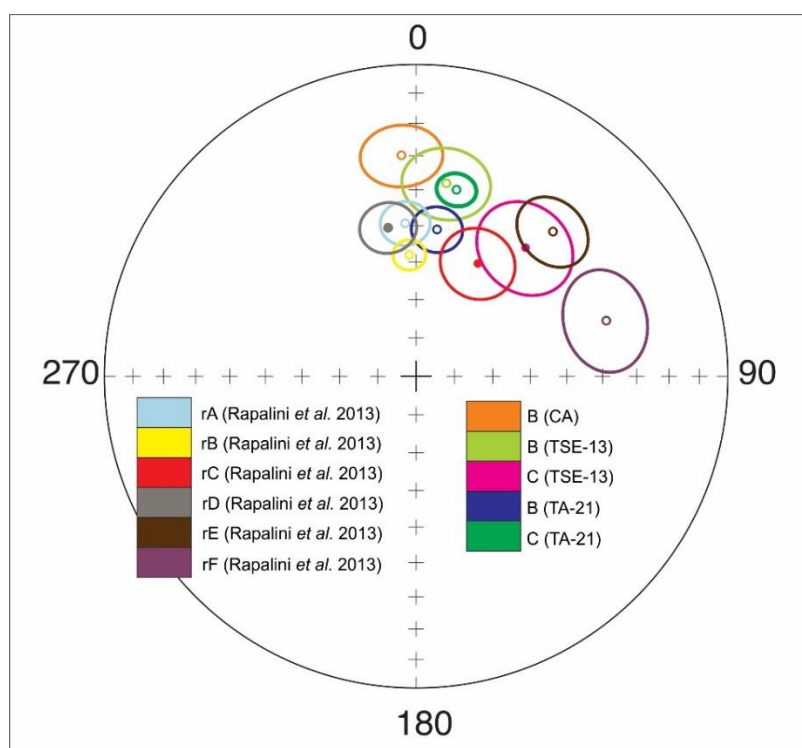
Encontrada na Fm. Cerro Largo, a componente rE é caracterizada por altas temperaturas de desbloqueio, 600-685 °C, com Dec: 73,7°, Inc: -36,6°,  $\alpha_{95} = 12,1^\circ$ . É carregada por hematita, mas, em alguns casos, considera-se presença de goethita, devido à grande perda da magnetização em 100-150 °C. Também é interpretada como uma magnetização provavelmente primária (Rapalini *et al.* 2013).

Por fim, a componente rF, isolada em margas da Fm. Villa Mónica, possui altas temperaturas de desbloqueio, superiores a 650 °C, com direção média em Dec: 43,4°, Inc: -36,3° e  $\alpha_{95} = 9,1^\circ$ . Trata-se possivelmente de uma magnetização primária, contudo, assim como em relação à rE, não se pode afirmar essa hipótese (Rapalini *et al.* 2013).

A Tabela 7.1 resume os valores estatísticos das componentes isoladas neste trabalho e daquelas reconhecidas no trabalho de Rapalini *et al.* (2013). A Figura 7.6 mostra, em um estereograma, a comparação das direções médias de todas as componentes.

**Tabela 7.1** – Resumo dos valores estatísticos das componentes isoladas neste trabalho e no de Rapalini *et al.* (2013).

Componente	n	Dec (°)	Inc (°)	$\alpha_{95}$ (°)
B (CA)	17	356,2	-29,7	9,3
B (TSE-13)	21	8,9	-37,4	10,4
C (TSE-13)	9	40,4	45,0	12,3
B (TA-21)	46	8,1	-50,7	6,3
C (TA-21)	61	12,2	-38,7	4,7
rA	44	355,9	-49,3	6,1
rB	85	356,8	-58,0	4,1
rC	17	28,7	56,1	9,5
rD	13	349,3	49,9	7,0
rE	11	73,7	-36,6	12,1
rF	7	43,4	-36,3	9,1



**Figura 7.6** – Direções e inclinações médias (pontos centrais de cada cor) das componentes denominadas B e C, para todas as coleções, neste trabalho, e para todas as componentes reconhecidas por Rapalini *et al.* (2013), com círculos representativos de  $\alpha_{95}$  (erro). Os pontos centrais sólidos caracterizam inclinações positivas, enquanto os abertos, negativas.

As componentes B da coleção CA, B de TSE-13, e B e C do testemunho TA-21 se assemelham à componente rB, embora, segundo Rapalini *et al.* (2013), esta

não tenha sido encontrada na Fm. Cerro Negro. Todas as componentes têm direção média Norte e inclinações negativas. As componentes B e C de TA-21 apresentam também dupla polaridade, assim como a componente rB.

Além disso, a associação mineralógica responsável por transportar as 5 componentes magnéticas é semelhante, com presença de hematita, sugerida para a componente C (TA-21) e rB, além de magnetita e sulfetos de ferro (pirrotita, por exemplo), sugeridos para B das 3 coleções (CA, TSE-13 e TA-21) e rB.

Dessa forma, conforme considerado neste trabalho, as componentes B foram apontadas como secundárias, ou seja, resultantes de processos de remagnetização. Durante a interpretação, a componente C da coleção TA-21 foi isolada com a suspeita de corresponder à magnetização original, mas após os cálculos da estatística de Fisher, constatou-se que também é secundária, muito próxima das componentes denominadas B. Esse resultado é equivalente aos dados do estudo paleomagnético de Rapalini *et al.* (2013), cuja componente rB é a mais difundida no Grupo Sierras Bayas e corresponde a uma magnetização de caráter pós-tectônico, secundária, com um processo de remagnetização complexo.

Alguns estudos (Rapalini & Bettucci 2008; Font *et al.* 2011, 2012; Rapalini *et al.* 2013) criaram hipóteses para as causas dessa remagnetização, com idade atribuída do Permiano Superior ou Triássico Inferior. Durante o Permiano, a porção sul da América do Sul foi afetada pela deformação associada à orogenia San Rafael e outros eventos tectônicos contemporâneos e por atividades magmáticas da grande província Choiyoi. Tais eventos coincidem com remagnetizações amplamente difundidas em áreas da Argentina e outros países, como Uruguai e Chile (Font *et al.* 2011, 2012).

A fase de orogênese de San Rafael, que afetou a margem sudoeste do Gondwana, teria causado a reativação de grandes falhas pré-existentes (Font *et al.* 2011). Rapalini & Tarling (1993) propuseram que a remagnetização nas regiões central e norte da Argentina (além de áreas no Uruguai e no Chile) estaria ligada a fluidos expelidos do orógeno, que percolariam através das falhas reativadas, em direção à bacia de ante-país.

Rapalini *et al.* (2013) sugerem outra hipótese para a causa dessa remagnetização: anomalias geotérmicas regionais e subsequentes processos hidrotermais associados à província magmática Choiyoi.

Vale ressaltar que a idade da remagnetização associada ao orógeno San Rafael é reconstituída com base na posição do polo paleomagnético e, portanto, são necessárias análises mineralógicas mais detalhadas, agregadas a datações radiométricas dos minerais que carregam a magnetização, para um melhor entendimento sobre início e duração desses eventos difundidos de remagnetização (Font *et al.* 2012).

Sendo assim, todas as amostras que se apresentam remagnetizadas não são confiáveis para realização da magnetoestratigrafia, análise de taxas de inversão de polaridade, cálculos de paleolatitudes ou pólos magnéticos, para reconstruções paleogeográficas.

Contudo, resultados de Rapalini *et al.* (2013) afirmam que alguns litotipos escaparam da remagnetização regional, principalmente argilitos e siltitos e Font *et al.* (2012) propõem que há um provável controle mineralógico no caso da remagnetização associada a San Rafael. Rapalini (2006) descreve tais litotipos livres de remagnetização como rochas sedimentares clásticas vermelhas do Ediacarano-Cambriano, no Sistema Tandilia.

Algumas amostras da coleção TSE-13 coincidem com essa descrição, ou seja, argilitos e siltitos de coloração vermelha, encontrada entre as profundidades 31,81 e 39,22 m. Conforme descrito, essas amostras carregam uma componente denominada C.

A componente C da coleção TSE-13 se assemelha àquela reconhecida por Rapalini *et al.* (2013) na Fm. Cerro Negro, rC, pois ambas são transportadas por hematita, com direção média entre Norte e Nordeste e inclinações positivas. Há uma ligeira diferença no valor médio de inclinação, sendo que o de rC é um pouco maior que C (TSE-13), porém, conforme a Figura 7.6, pode-se perceber que os erros se sobrepõem. Essa diferença pode ser atribuída a pequenos erros de orientação durante a coleta ou fase de preparação das amostras, visto que a coleção é proveniente de perfurações de poços com diferentes propósitos, enquanto que as

amostras utilizadas por Rapalini *et al.* (2013) foram coletadas com a broca própria para estudos paleomagnéticos, permitindo controle mais preciso das inclinações *in situ*.

Ambas as componentes, C (TSE-13) e rC são julgadas como correspondentes à magnetização original das rochas. Dessa forma, constata-se que apenas 5,17% das amostras analisadas apresentaram dados de magnetização característica. Porém, os dados não são suficientes para a construção da magnetoestratigrafia da Fm. Cerro Negro e, portanto, para o cálculo da taxa de inversões de polaridade.

A componente C da coleção TSE-13 forneceu um valor de inclinação média (Inc:  $45,0^\circ$ ), o qual foi utilizado em um cálculo de paleolatidade, embora o campo amostral seja pequeno ( $n = 9$ ). A partir da equação evidenciada na seção 5.5 deste trabalho, o resultado obtido foi  $26,6^\circ$ , ou seja, as rochas estariam no hemisfério Norte em seu momento de formação. No entanto, as reconstruções paleogeográficas existentes na literatura mostram que o Cráton Rio de La Plata sempre esteve no hemisfério Sul. Sendo assim, outra hipótese, conforme sugerido por Rapalini *et al.* (2013), seria que a placa litosférica teria sofrido uma rotação de  $180^\circ$ .

Além disso, foi calculado o pólo paleomagnético a partir dos valores obtidos para a componente C (TSE-13). Os resultados são apresentados na Tabela 7.2, juntamente com os pólos calculados por Rapalini *et al.* (2013) e aqueles correspondentes às componentes B das coleções CA, TSE-13 e TA-21 e à componente C do testemunho TA-21.

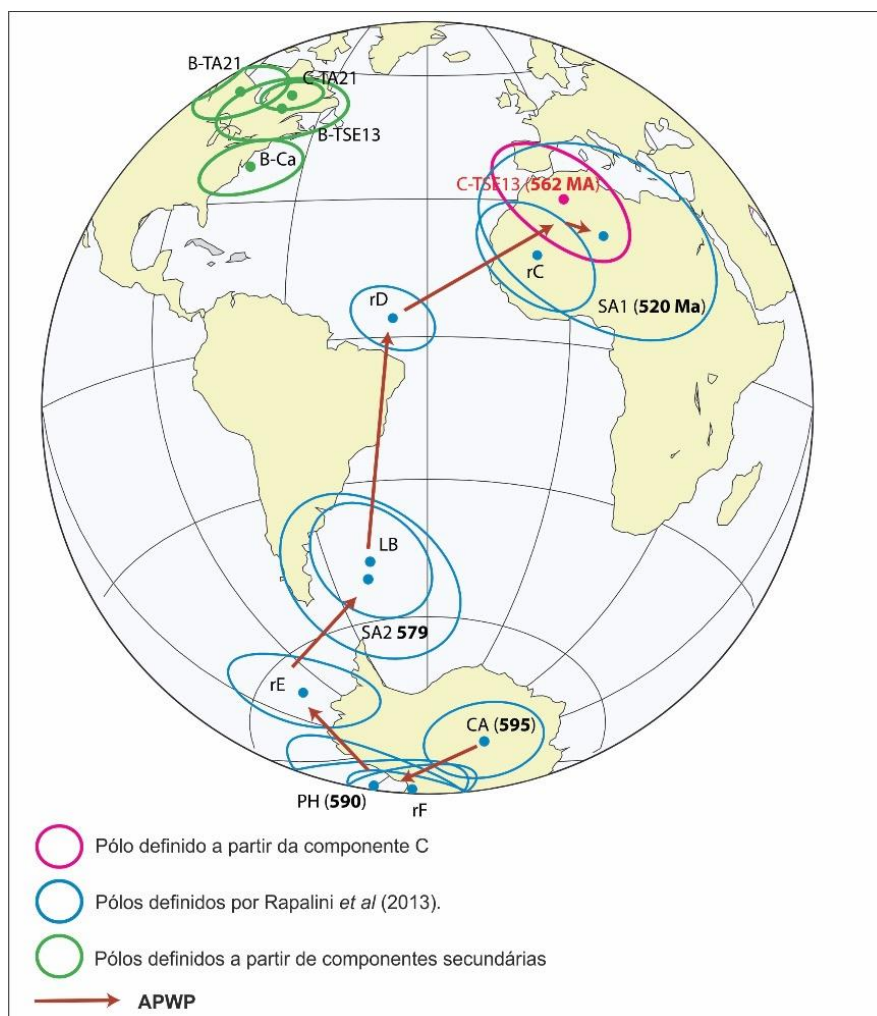
Rapalini *et al.* (2013) atribui uma idade de 520 Ma ao pólo paleomagnético calculado com base na componente rC, encontrada na Fm. Cerro Negro. Porém, a partir do conteúdo fossilífero encontrado recentemente, a idade dessa unidade estaria entre 565-550 Ma (Arrouy *et al.* 2016) e, conforme datações de U-Pb em zircões detríticos, a idade máxima da Fm. Cerro Negro estaria em torno de 562 Ma (Warren, comunicação verbal).

**Tabela 7.2** – Dados dos pólos paleomagnéticos, calculados neste trabalho e definidos por Rapalini *et al.* (2013). Dp e Dm são parâmetros dos círculos de confiança associados aos pólos (vide item 5.5).

<b>Pólo</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Dp</b>	<b>Dm</b>	<b>Idade</b>
<b>B(CA)</b>	286,7	37,7	5,7	10,3	
<b>B(TSE-13)</b>	288,1	50,7	7,2	12,2	
<b>C(TSE-13)</b>	1	30,4	9,8	15,6	562
<b>B(TA-21)</b>	271,6	53,4	5,7	8,5	
<b>C(TA-21)</b>	288,9	53,8	3,3	5,6	
<b>rC</b>	353,4	18,1	9,8	13,7	520?
<b>rD</b>	322,8	4	6,2	9,3	
<b>rE</b>	257,4	-66,9	8,2	14,1	
<b>rF</b>	159,5	-76,1	6,2	10,6	
<b>SA1</b>	8,7	22,9	20	27	520
<b>LB</b>	312,9	-47	11	14	
<b>SA2</b>	311,1	-50,7	16	21	579
<b>PH</b>	180,9	-74,1	9	16	590
<b>CA</b>	68,5	-80,5	0	10	595

Conforme a Figura 7.7, pode-se perceber que o pólo calculado com base na componente C (TSE-13) se encontra próximo ao definido por Rapalini *et al.* (2013) baseado na componente rC, associada à Fm. Cerro Negro. Rapalini *et al.* (2013) sugerem um caminho de migração para o cráton Rio de La Plata, denominado APWP (em inglês, “*apparent polar wander path*”), que consiste em um traçado a partir das posições de pólos paleomagnéticos sequenciais de um determinado continente, mostrando o caminho percorrido por ele ao longo do tempo. No entanto, devido à nova idade atribuída à Fm. Cerro Negro, sugere-se uma nova curva de migração aparente dos polos magnéticos para o Cráton Rio de La Plata, apresentada na A Figura 7.7.





**Figura 7.7** – Curva de migração aparente (APWP) dos pólos magnéticos para o Cráton Rio de La Plata.

Pode-se perceber na Figura 7.7 que os pólos definidos a partir das componentes B (CA), B (TSE-13), B e C (TA-21) se encontram bem distantes do caminho aparente traçado, sendo mais uma evidência da remagnetização. Já a componente C (TSE-13) fornece um pólo paleomagnético que se aproxima do de Rapalini *et al.* (2013), mas com a atualização da idade atribuída à Fm. Cerro Negro.

## 8. CONCLUSÕES

Das 3 coleções analisadas neste trabalho, apenas a TSE-13 forneceu resultados de magnetização original. A seção La Cabañita encontra-se totalmente remagnetizada, com predomínio da componente B (Dec: 356,2, Inc: -29,7, n: 17 e  $\alpha_{95}$ : 9,3). O testemunho TA-21 foi interpretado com predomínio de duas componentes principais, B e C, acreditando-se que a C corresponderia à magnetização original. Porém, a direção média obtida para C de TA-21 (Dec: 12,2, Inc: -38,7, n: 61,  $\alpha_{95}$ : 4,7) é muito semelhante à de B do mesmo poço (Dec: 8,1, Inc: -50,7, n: 46,  $\alpha_{95}$ : 6,3), e ambas coincidem com a componente rB de Rapalini *et al.* (2013), sendo, portanto, secundárias. Na coleção TSE-13 também há predomínio de componente B, secundária (Dec: 8,9, Inc: -37,4, n: 21,  $\alpha_{95}$ : 10,4)

Portanto, aproximadamente 94,82% do total dos dados obtidos não podem ser utilizados na construção da magnetoestratigrafia da Fm. Cerro Negro ou para definição de paleolatitudes deposicionais para integrar a interpretação paleogeográfica. Além disso, tais dados não têm uso na definição de um polo virtual do Cráton Rio de La Plata para contribuir com a curva de migração aparente dos polos magnéticos.

Embora no testemunho TSE-13 também haja porções remagnetizadas, a coleção fornece dados de magnetização original, componente C, com Dec: 40,4, Inc: 45,0, n: 9,  $\alpha_{95}$ : 12,3, encontrada em rochas pelíticas de coloração vermelha, com predomínio de hematita.

Porém, mesmo com a magnetização característica, os dados da componente C (TSE-13) não são suficientes para a construção da magnetoestratigrafia da Fm. Cerro Negro e, portanto, não é possível verificar a ocorrência de um grande número de inversões magnéticas e tentar fazer uma correlação magnetoestratigráfica com outras seções do Ediacarano, conforme apontado nos objetivos.

Por outro lado, apesar do pequeno campo amostral ( $n = 9$ ), o valor médio de inclinação da componente C (TSE-13) foi utilizado no cálculo de paleolatitude, resultando em 26,6°, indicando que a Fm. Cerro Negro estaria no hemisfério Norte durante sua deposição, no Ediacarano, ou a placa teria sofrido uma rotação de cerca de 180°.

Ainda, foi calculado um pólo paleomagnético com base na componente C da coleção TSE-13, com longitude: 1, latitude: 30,4, Dp: 9,8 e Dm: 15,6. Esse pólo se aproxima bastante daquele definido por Rapalini *et al.* (2013), mas apresenta nova idade atribuída à Fm. Cerro Negro, em torno de 562 Ma. Portanto, é sugerido um novo APWP para o Cráton Rio de La Plata, contribuindo, assim, para o conhecimento paleomagnético desse intervalo.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida F.F.M., Amaral G., Cordani U., Kawashita K. 1973. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of the Amazon River. *In*: Nairn A.E.M., Stehli F.G. (eds.) *The South Atlantic*. Springer, p. 441-446.
- Almeida F.F.M., Brito Neves B.B., Carneiro C.D.R. 2000. The origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Science Reviews*, **50**(1-2): 77-111.
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B. 1976. The upper precambrian of South America. *Boletim IG*, **7**:45-80.
- Arrouy M.J. 2015. *Sedimentología y estratigrafía de los depósitos ediacarano-paleozoicos, suprayacentes a las calizas del precámbrico del Sistema de Tandilia, provincia de Buenos Aires, Argentina* (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Naturales y Museo).
- Arrouy M.J., Warren L.V., Quaglio F., Poiré D.G., Simões M.G., Rosa M.B., Peral, L.E.G. 2016. Ediacaran discs from South America: probable soft-bodied macrofossils unlock the paleogeography of the Clymene Ocean. *Scientific reports*, **6**:30590.
- Bazhenov M.L., Levashova N.M., Meert J.G., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Fedorova N.M. 2016. Late Ediacaran magnetostratigraphy of Baltica: evidence for magnetic field hyperactivity?. *Earth and Planetary Science Letters*, **435**:124-135.
- Biggin A.J., Steinberger B., Aubert J., Suttie N., Holme R., Torsvik T.H., Van Hinsbergen D.J.J. 2012. Possible links between long-term geomagnetic variations and whole-mantle convection processes. *Nature Geoscience*, **5**(8):526.
- Bonhomme M.G. & Cingolani C. 1980. Mineralogía y geocronología Rb-Sr y K-Ar de fracciones finas de la "Formación La Tinta", provincia de Buenos Aires. *Asociación Geológica Argentina Revista*, **35**:519-538.
- Butler R.F. 1998. Paleomagnetism: Magnetic domains to geologic terranes. *Electronic edition*, **23**.
- Canfield D.E., Poulton S.W., Narbonne G.M. 2007. Late-Neoproterozoic deep-ocean oxygenation and the rise of animal life. *Science*, **315**(5808):92-95.

Chen L. 2002. Early Cambrian Chengjiang Fauna in eastern Yunnan China. *Yunnan Science and Technology Press*.

Cingolani C.A. & Bonhomme M.G. 1988. Resultados geocronológicos en niveles pelíticos intercalados en las dolomias de Sierras Bayas [Grupo La Tinta], provincia de Buenos Aires. *Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas*, p. 283-289.

Cingolani C.A. & Dalla Salda, L. 2000. Buenos Aires cratonic region. *Tectonic Evolution of South America*, p. 139-146.

Cingolani C.A., Hartmann L.A., Santos J.O.S., McNaughton N.J. 2002. U-Pb SHRIMP dating of zircons from the Buenos Aires Complex of the Tandilia Belt. *In: Rio de la Plata craton, Argentina. In: XV Congreso Geológico Argentino, El Calafate, Actas, CD-ROM*.

Erwin D.H. & Tweedt, S. 2012. Ecological drivers of the Ediacaran-Cambrian diversification of Metazoa. *Evolutionary Ecology*, **26**(2):417-433.

Fisher R.A. 1953. Dispersion on a sphere. *Proc. R. Soc. Lond. A*, **217**(1130):295-305.

Font E., Neto C.P., Ernesto M. 2011. Paleomagnetism and rock magnetism of the Neoproterozoic Itajaí Basin of the Rio de la Plata craton (Brazil): Cambrian to Cretaceous widespread remagnetizations of South America. *Gondwana Research*, **20**(4):782-797.

Font E., Rapalini A.E., Tomezzoli R.N., Trindade R.I.F., Tohver E. 2012. Episodic remagnetizations related to tectonic events and their consequences for the South America Polar Wander Path. *Geological Society, London, Special Publications*, **371**:55-87.

Gaucher C. 2000. Sedimentology, palaeontology, and stratigraphy of the Arroyo del Soldado Group (Vendian to Cambrian, Uruguay). *Beringeria*, **26**.

Gaucher C., Boggiani P., Sprechmann P., Sial A., Fairchild T. 2003. Integrated correlation of the Vendian to Cambrian Arroyo del Soldado and Corumbá Groups (Uruguay and Brazil): palaeogeographic, palaeoclimatic and palaeobiologic implications. *Precambrian Research*, **120**(3-4):241-278.

Gaucher C., Finney S.C., Poiré D.G., Valencia V.A., Grove M., Blanco G., Peral, L.G. 2008. Detrital zircon ages of Neoproterozoic sedimentary successions in Uruguay and

Argentina: insights into the geological evolution of the Río de la Plata Craton. *Precambrian Research*, **167**(1-2):150-170.

Gaucher C., Poiré D.G., Gómez Peral L., Chiglino L. 2005. Litoestratigrafía, bioestratigrafía y correlaciones de las sucesiones sedimentarias del Neoproterozoico-Cámbrico del Cratón del Río de la Plata (Uruguay y Argentina). *Latin American journal of sedimentology and basin analysis*, **12**(2):145-160.

Gaucher C., Sial A.N., Blanco G., Sprechmann P. 2004. Chemostratigraphy of the Lower Arroyo del Soldado Group (Vendian, Uruguay) and Palaeoclimatic Implications. *Gondwana Research*, **7**(3):715-730.

Gaucher C., Sial A.N., Poiré D., Gómez-Peral L., Ferreira V.P., Pimentel M.M. 2009. Neoproterozoic-Cambrian evolution of the Río de la Plata Palaeocontinent. Chemostratigraphy. *In: Gaucher C., Sial A., Halverson G., Frimme H. (eds.) Neoproterozoic-Cambrian tectonics, global change and evolution: a focus on southwest Gondwana. Developments in Precambrian Geology. Elsevier*, **16**:115-122.

Gómez Peral L.E., Poiré D.G., Strauss H., Zimmermann U. 2007. Chemostratigraphy and diagenetic constraints on Neoproterozoic carbonate successions from the Sierras Bayas Group, Tandilia System, Argentina. *Chemical Geology*, **237**(1-2):109-128.

Gómez Peral, L.E. 2008. *Petrología y diagénesis de las unidades sedimentarias precámbricas de Olavarría, Provincia de Buenos Aires* (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Naturales y Museo).

González Bonorino, F. 1954. Geología de las Sierras Bayas, partido de Olavarría, provincia de Buenos Aires. *LEMIT Serie II*, **55**:5-37.

Hernández M., Arrouy M.J., Scivetti N., Franzese J.R., Canalicchio, J.M., Poiré D.G. 2017. Tectonic evolution of the Neoproterozoic Tandilia sedimentary cover, Argentina: New evidence of contraction and extensional events in the southwest Gondwana margin. *Journal of South American Earth Sciences*, **79**:230-238.

Iñiguez A.M., Del Valle A., Poiré D.G., Spalletti L.A., Zalba P.E. 1989. Cuenca precámbrica/paleozoica inferior de Tandilia, Provincia de Buenos Aires. *Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica*, **6**:245-263.

Kirschvink J.L. 1980. The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, **62**(3):699-718.

Kolesnikov A.V., Marusin V.V., Nagovitsin K.E., Maslov A.V., Grazhdankin D.V. 2015. Ediacaran biota in the aftermath of the Kotlinian Crisis: Asha Group of the South Urals. *Precambrian Research*, **263**:59-78.

Landing E. & Westrop S.R. 2004. Environmental patterns in the origin and diversification loci of Early Cambrian skeletalized Metazoa: evidence from the Avalon microcontinent. *The Paleontological Society Papers*, **10**:93-106.

Lenton T.M., Boyle R.A., Poulton S.W., Shields-Zhou G.A., Butterfield N.J. 2014. Co-evolution of eukaryotes and ocean oxygenation in the Neoproterozoic era. *Nature Geoscience*, **7**(4):257.

Levashova N.M., Bazhenov M.L., Meert J.G., Kuznetsov N.B., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Fedorova N.M. 2013. Paleogeography of Baltica in the Ediacaran: Paleomagnetic and geochronological data from the clastic Zigan Formation, South Urals. *Precambrian Research*, **236**:16-30.

Massabie A.C. & Nestiero O.E. 2005. La estructura del Grupo Sierras Bayas en el sector norte de las sierras homónimas, noroeste de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **60**(1):185-196.

McFadden P.L. & McElhinny M.W. 1988. The combined analysis of remagnetization circles and direct observations in palaeomagnetism. *Earth and Planetary Science Letters*, **87**(1-2):161-172.

Meert J.G. & Lieberman B.S. 2008. The Neoproterozoic assembly of Gondwana and its relationship to the Ediacaran–Cambrian radiation. *Gondwana research*, **14**(1-2):5-21.

Meert J.G., Levashova N.M., Bazhenov M.L., Landing E. 2016. Rapid changes of magnetic field polarity in the late Ediacaran: linking the Cambrian evolutionary radiation and increased UV-B radiation. *Gondwana Research*, **34**:149-157.

Pankhurst R.J., Ramos A., Linares, E. 2003. Antiquity of the Rio de la Plata craton in Tandilia, southern Buenos Aires province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, **16**(1):5-13.

Poiré D.G. & Spalletti L.A. 2005. La cubierta sedimentaria precámbrica/paleozoica inferior del Sistema de Tandilia. *In: De Barrio R., Etcheverry R.O., Caballé M.F., Llambias E.J. (eds.) Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina, Universidad de La Plata, p. 51-68.*

Poiré D.G. 1987a. Dolomitización estromatolítica/enterramiento tardío en el Precámbrico de Olavarría, provincia de Buenos Aires, Argentina. *In: 10 Congreso Geológico Argentino*, **2**:25-28.

Poiré D.G. 1987b. *Mineralogía y sedimentología de la Formación Sierras Bayas en el núcleo septentrional de las sierras homónimas, Partido de Olavarría, Provincia de Buenos Aires* (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Naturales y Museo).

Poiré D.G. 1993. Estratigrafía del Precámbrico sedimentario de Olavarría, Sierras Bayas, provincia de Buenos Aires, Argentina. *In: 13 Congreso Geológico Argentino y 3 Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Asociación Geológica Argentina, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas*, **2**:1-11.

Rapalini A.E. & Bettucci L.S. 2008. Widespread remagnetization of late Proterozoic sedimentary units of Uruguay and the apparent polar wander path for the Rio de La Plata craton. *Geophysical Journal International*, **174**(1):55-74.

Rapalini A.E. & Tarling D.H. 1993. Multiple magnetizations in the Cambrian-Ordovician carbonate platform of the Argentine Precordillera and their tectonic implications. *Tectonophysics*, **227**(1-4):49-62

Rapalini A.E. 2006. New Late Proterozoic paleomagnetic pole for the Rio de la Plata craton: implications for Gondwana. *Precambrian Research*, **147**(3-4):223-233.

Rapalini A.E., Poiré D.G., Trindade R., Richarte D. 2008. Geochronologic and geodynamic implications of palaeomagnetic results from the Sierras Bayas Group, Rio de La Plata Craton (Argentina). *In: VI South American Symposium on Isotope Geology. Short Paper*, p. 1-3.



Rapalini A.E., Trindade R.I., Poiré D.G. 2013. The La Tinta pole revisited: paleomagnetism of the Neoproterozoic Sierras Bayas Group (Argentina) and its implications for Gondwana and Rodinia. *Precambrian Research*, **224**:51-70.

Shatsillo A.V., Kuznetsov N.B., Fedonkin M.A., Priyatkina N.S., Serov S.G. 2016. First Magnetostratigraphic Data for the Stratotype of the Upper Neoproterozoic Lopata Formation (the North-East Yenisei Ridge): Problems of its Age and Paleogeography of the Siberian Platform at the Boundary of the Phanerozoic and Proterozoic. *Doklady Earth Sciences* (in press).

Tauxe L., Gee J.S., Steiner M.B., Staudigel H. 2013. Paleointensity results from the Jurassic: New constraints from submarine basaltic glasses of ODP Site 801C. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **14**(10):4718-4733.

Tohver E., D'Agrella-Filho M.S., Trindade R.I. 2006. Paleomagnetic record of Africa and South America for the 1200–500 Ma interval, and evaluation of Rodinia and Gondwana assemblies. *Precambrian Research*, **147**(3-4):193-222.

Trindade R.I., D'Agrella-Filho M.S., Epof I., Neves B.B.B. 2006. Paleomagnetism of Early Cambrian Itabaiana mafic dikes (NE Brazil) and the final assembly of Gondwana. *Earth and Planetary Science Letters*, **244**(1-2):361-377.

Valet J.P., Meynadier L., Guyodo Y. 2005. Geomagnetic dipole strength and reversal rate over the past two million years. *Nature*, **435**(7043):802.

Van Iten H., Marques A.C., Leme J.D M., Pacheco M.L.F., Simoes M.G. 2014. Origin and early diversification of the phylum Cnidaria Verrill: major developments in the analysis of the taxon's Proterozoic–Cambrian history. *Palaeontology*, **57**(4):677-690.

Warren L.V., Fairchild T.R., Gaucher C., Boggiani P.C., Poiré D.G., Anelli L.E., Inchausti J.C. 2011. Corumbella and in situ Cloudina in association with thrombolites in the Ediacaran Itapucumi Group, Paraguay. *Terra Nova*, **23**(6):382-389.

Warren L.V., Quaglio F., Riccomini C., Simões M.G., Poiré D.G., Strikis N.M., Strikis P.C. 2014. The puzzle assembled: Ediacaran guide fossil Cloudina reveals an old proto-Gondwana seaway. *Geology*, **42**(5):391-394.

Warren L.V., Quaglio F., Simões M.G., Gaucher C., Riccomini C., Poiré D.G., Sial A.N. 2017. Cloudina-Corumbella-Namacalathus association from the Itapucumi Group,

Paraguay: increasing ecosystem complexity and tiering at the end of the Ediacaran. *Precambrian Research*, **298**:79-87.

Zalba P.E., Poiré D.G., Andreis R.R., Iñiguez, A.M.R. 1993. Precambrian and Lower Paleozoic records and paleosurfaces of the Tandilia system, Buenos Aires province, Argentina. *Mineralogical and geochemical records of paleoweathering. Mémoire des Sciences de la Terre*, **18**:93-113.

Zijderveld J.D.A. 1967. AC demagnetization of rocks: Analysis of results. *In*: Collinson D.W., Creer K.M., Runcorn S.K. (eds.) *Methods in Paleomagnetism*. Elsevier p. 254–286.

## APÊNDICE A – Dados das amostras da coleção CA (La Cabañita).

**Tabela A** – Dados das amostras da coleção CA, coletadas na seção colunar La Cabañita (parte 1).

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
CA 01	0,20	cinza	23,08	1,06E-07	1,41E-04	B	150 - 400	6	355,9	-32,4	5,8
CA 02	0,91	cinza	14,49	1,56E-07	8,74E-05	B	100 - 250	4	22,1	-61,4	9,3
CA 03	1,56	cinza	16,78	8,95E-05	1,05E-04	A	0 - 100	2	237,0	-29,2	0,0
CA 04	2,26	cinza	12,15	1,66E-07	1,10E-04	A	0 - 100	2	325,0	-49,9	0,0
						B	100 - 450	8	349,5	-29,7	6,5
CA 05	2,73	cinza	12,13	1,06E-07	9,25E-05	A	0 - 100	2	305,0	-16,5	0,0
						B	100 - 350	6	357,6	-9,8	9,4
CA 06	3,42	cinza	16,31	9,88E-05	2,04E-04	-	-	-	-	-	-
CA 08	4,70	cinza	20,86	1,10E-07	1,66E-04	A	0 - 100	2	321,5	18,2	0,0
						B	100 - 400	7	5,9	-13,9	7,5
CA 09	5,90	cinza	19,08	1,03E-07	1,24E-04	B	0 - 350	7	359,7	-31,1	4,3
CA 10	7,31	cinza	7,55	1,08E-07	1,11E-04	A	0 - 100	2	33,5	0,7	0,0
						B	100 - 250	4	17,4	-29,1	8,6
CA 11	8,32	cinza	16,34	1,76E-07	1,59E-04	-	-	-	-	-	-
CA 12	9,39	cinza	16,59	1,01E-07	9,40E-05	-	-	-	-	-	-
CA 13	9,94	esverdeada	17,60	1,20E-07	1,27E-03	C	150 - 570	10	105,0	60,3	2,7
CA 14	11,02	esverdeada	11,04	1,07E-07	6,23E-04	A	0 - 100	2	359,0	-2,8	0,0
						B	100 - 450	8	349,2	-40,0	4,0
CA 16	11,88	esverdeada	6,35	9,59E-05	4,28E-04	B	0 - 250	5	338,7	-8,6	2,9
						C	350 - 450	3	30,5	33,6	9,2
CA 17	12,54	cinza	12,86	1,19E-07	3,61E-03	C	200 - 625	11	278,0	31,7	3,8
CA 18	13,53	cinza	16,81	1,29E-07	3,88E-04	B	0 - 350	7	305,3	-50,1	4,7
CA 19	14,36	esverdeada	12,91	9,81E-05	1,35E-04	B	0 - 250	5	337,1	-40,3	5,0
CA 20	15,25	esverdeada	16,08	1,03E-07	1,48E-04	B	100 - 350	6	352,4	-19,4	7,9
CA 21	15,80	esverdeada	12,85	1,00E-07	6,69E-05	B	150 - 500	8	2,1	-37,9	8,1

**Tabela A** – Dados das amostras da coleção CA, coletadas na seção colunar La Cabañita (parte 2).

<b>Amostra</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Cor</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>k</b>	<b>NRM</b>	<b>Componente</b>	<b>Intervalo de T (°C)</b>	<b>Nº de pontos</b>	<b>Dec (°)</b>	<b>Inc (°)</b>	<b>MAD</b>
CA 22	16,41	esverdeada	14,09	1,64E-07	3,46E-04	A	0 - 100	2	343,2	-3,4	0,0
						B	150 - 250	3	3,2	-28,7	13,6
CA 23	16,82	esverdeada	10,80	1,33E-07	1,62E-04	-	-	-	-	-	-
CA 24	17,24	esverdeada	12,67	1,16E-07	1,08E-04	B	100 - 350	6	354,6	-39,2	10,4
CA 25	18,61	esverdeada	15,93	1,09E-07	1,15E-04	B	100 - 350	6	7,4	-8,1	8,8
CA 26	19,29	esverdeada	13,63	1,09E-07	1,41E-04	B	0 - 450	9	14,6	-17,6	5,0
CA 27	19,88	esverdeada	10,91	8,68E-05	4,25E-05	C	250 - 550	4	34,3	45,5	7,5

Prof. – profundidade; k – susceptibilidade magnética; NRM – Magnetização Remanescente Natural; Dec – declinação; Inc – inclinação; MAD – Desvio Angular Máximo.

## APÊNDICE B – Dados das amostras da coleção TSE-13.

**Tabela B** – Dados das amostras de testemunho da coleção TSE-13 (parte 1).

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TSE00.14	21,38	esverdeada	25,39	1,04E-07	3,25	B	0 - 400	8	1,5	-39,2	4,1
TSE02.64	23,88	esverdeada	22,88	1,24E-07	1,19	-	-	-	-	-	-
TSE02.94	24,18	esverdeada	8,16	1,07E-07	0,64	B	100 - 250	4	297,5	-37,0	13,1
TSE03.93	25,17	esverdeada	25,47	9,48E-05	1,98	B	0 - 150	3	17,4	-24,0	6,5
TSE04.86	26,10	cinza	24,84	1,63E-07	2,94	A	0 - 100	2	343,3	21,9	0,0
						B	100 - 250	4	336,6	-55,0	6,0
TSE05.38	26,62	esverdeada	14,12	1,30E-07	0,60	B	100 - 350	6	19,8	-44,6	11,2
TSE05.78	27,02	esverdeada	28,63	1,29E-07	1,27	B	100 - 300	5	4,7	-54,0	7,2
TSE06.17	27,41	esverdeada	28,51	1,27E-07	0,74	-	-	-	-	-	-
TSE07.30	28,54	esverdeada	31,48	1,15E-07	1,85	B	0 - 250	5	3,6	-37,2	9,8
TSE07.59	28,83	esverdeada	26,49	1,02E-07	7,38	-	-	-	-	-	-
TSE08.66	29,90	cinza	19,90	9,57E-05	0,93	B	0- 250	5	345,4	-42,7	7,9
TSE09.09	30,33	esverdeada	27,83	1,01E-07	2,24	A	0 - 100	2	93,1	-61,2	0,0
						B	100- 250	4	346,8	-37,1	4,7
TSE09.83	31,07	cinza	28,34	9,95E-05	5,77	B	100- 300	5	360,0	-43,6	8,9
TSE10.05	31,29	cinza	27,51	1,73E-07	2,28	-	-	-	-	-	-
TSE10.45	31,69	cinza	26,64	1,16E-07	2,06	B	0- 300	6	31,3	-62,1	5,0
TSE10.57	31,81	vermelha	17,79	1,64E-07	40,00	A	0 - 100	2	7,6	0,8	0,0
						B	150- 300	4	48,0	-12,1	9,8
						C	300 -625	9	57,2	58,3	4,6
TSE11.21	32,45	vermelha	22,62	1,36E-07	51,80	C	150 - 675	14	27,1	36,8	4,9
TSE11.48	32,72	vermelha	24,55	1,24E-07	155,00	C	150 - 675	14	174,6	-33,5	2,1
TSE12.21	33,45	vermelha	20,69	1,33E-07	167,00	C	0 - 675	16	18,9	60,1	2,4

**Tabela B** – Dados das amostras de testemunho da coleção TSE-13 (parte 2).

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TSE12.61	33,85	vermelha	22,32	1,50E-07	68,80	B	0- 300	6	12,4	-11,2	7,7
						C	350 - 675	9	72,1	31,8	4,1
TSE14.60	35,84	vermelha	25,56	1,53E-07	107,00	B	0- 350	7	9,4	-8,0	9,1
						C	400 - 675	9	39,3	38,7	3,5
TSE15.06	36,30	vermelha	14,68	1,31E-07	108,00	C	150 - 600	11	11,4	68,7	1,9
TSE16.41	37,65	vermelha	9,74	1,34E-07	104,00	C	300 - 675	11	39,5	36,3	5,3
TSE16.68	37,92	vermelha	27,58	1,37E-07	79,20	B	0- 300	6	354,3	-21,3	9,6
						C	350 - 600	7	45,5	39,1	3,7
TSE17.98	39,22	vermelha	20,55	1,48E-07	73,10	B	0- 350	7	14,3	-1,5	9,8
						C	400 - 650	8	36,2	29,9	4,1
TSE18.94	40,18	cinza	26,08	1,13E-07	2,02	B	100- 300	5	22,1	-42,1	5,7
TSE19.22	40,46	cinza	25,08	1,21E-07	1,92	B	0- 300	6	2,4	-40,5	6,0
TSE19.48	40,72	cinza	17,37	1,45E-07	1,03	B	0- 350	7	24,5	-36,9	7,8
TSE20.46	41,70	esverdeada	26,87	1,02E-07	2,30	B	100- 350	6	35,7	-44,0	10,5
TSE21.30	42,54	esverdeada	17,27	1,12E-07	1,09	B	150- 300	4	50,6	-43,2	8,3

Prof. – profundidade; k – susceptibilidade magnética; NRM – Magnetização Remanescente Natural; Dec – declinação; Inc – inclinação; MAD – Desvio Angular Máximo.

## APÊNDICE C – Dados das amostras da coleção TA-21.

**Tabela C** – Dados das amostras de testemunho da coleção TA-21 (parte 1).

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TA21-44.10	44,10	vermelha com cinza	27,68	1,05E-07	7,78E-03	A	0 - 100	2	206,4	0,1	0,0
						B	150 - 625	12	165,8	35,5	3,9
TA21-44.65	44,65	vermelha com cinza	26,33	1,34E-07	7,90E-03	A	0 - 100	2	283,5	-48,2	0,0
						C	150 - 570	10	172,0	39,5	4,9
TA21-45.10	45,10	vermelha com cinza	21,06	1,11E-07	5,87E-03	A	0 - 100	2	51,7	-4,7	0,0
						C	150 - 600	11	205,8	32,2	4,7
TA21-45.55	45,55	vermelha com cinza	22,06	1,21E-07	5,79E-03	A	0 - 100	2	346,0	-27,5	0,0
						B	150 - 570	10	178,6	48,5	5,7
TA21-45.95	45,95	vermelha com cinza	24,50	8,85E-05	3,42E-03	A	0 - 150	2	135,0	-14,2	2,9
						C	200 - 570	10	198,3	24,2	5,8
TA21-46.33	46,33	vermelha com cinza	22,47	1,28E-07	8,76E-03	A	0 - 100	2	178,0	-21,1	0,0
						B	100 - 570	11	188,9	35,5	6,2
TA21-46.80	46,80	vermelha com cinza	26,37	1,13E-07	9,29E-03	A	0 - 100	2	295,5	-8,0	0,0
						B	150 - 570	10	187,1	29,4	4,3
TA21-47.31	47,31	vermelha com cinza	25,03	1,17E-07	1,02E-02	A	0 - 100	2	171,5	-41,9	0,0
						B	150 - 570	10	184,6	44,7	6,2
TA21-47.80	47,80	vermelha com cinza	20,42	1,23E-07	5,61E-03	A	0 - 100	2	190,6	7,4	0,0
						B	150 - 600	11	190,2	49,1	4,8
TA21-48.36	48,36	vermelha com cinza	22,13	1,46E-07	8,75E-03	A	0 - 100	2	69,7	-59,4	0,0
						B	150 - 570	10	307,5	-51,9	5,1
						C	600 - 675	4	54,1	-44,3	8,9
TA21-48.80	48,80	vermelha com cinza	15,93	1,59E-07	6,13E-03	A	0 - 100	2	51,4	-8,7	0,0
						B	150 - 570	10	188,8	38,6	4,8
						C	600 - 675	4	83,4	43,9	7,5

**Tabela C** – Dados das amostras de testemunho da coleção TA-21 (parte 2).

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TA21-49.34	49,34	vermelha com cinza	23,26	1,55E-07	8,60E-03	A	0 - 100	2	80,9	8,4	0,0
						B	150 - 600	11	180,8	35,1	9,2
TA21-49.79	49,79	vermelha com cinza	16,33	1,26E-07	4,36E-03	A	0 - 100	2	334,0	-19,5	0,0
						C	150 - 625	12	187,8	33,8	4,9
TA21-50.29	50,29	vermelha com cinza	12,33	1,59E-07	4,80E-03	A	0 - 100	2	54,8	-5,1	0,0
						C	150 - 625	12	191,9	24,1	5,5
TA21-50.86	50,86	vermelha com cinza	24,93	1,20E-07	4,43E-03	A	0 - 100	2	39,1	-21,8	0,0
						C	150 - 625	12	184,8	37,1	4,1
TA21-51.30	51,30	vermelha com cinza	17,11	1,30E-07	3,29E-03	A	0 - 100	2	139,8	-47,5	0,0
						C	150 - 600	11	183,6	35,8	5,0
TA21-51.80	51,80	vermelha com cinza	23,13	1,38E-07	9,54E-03	A	0 - 100	2	217,2	-53,6	0,0
						C	150 - 625	12	204,2	38,8	5,4
TA21-52.30	52,30	vermelha com cinza	22,18	1,19E-07	5,96E-03	A	0 - 100	2	202,7	-65,1	0,0
						C	150 - 600	11	185,7	20,1	5,3
TA21-52.80	52,80	vermelha com cinza	14,77	1,19E-07	3,02E-03	A	0 - 100	2	26,1	62,1	0,0
						C	150 - 600	11	194,7	10,2	4,4
TA21-53.60	53,60	vermelha com cinza	14,66	1,51E-07	7,81E-03	A	0 - 100	2	101,3	43,3	0,0
						C	150 - 600	11	8,8	-42,7	3,0
TA21-53.61	53,61	vermelha com cinza	21,61	1,50E-07	1,60E-02	A	0 - 150	3	42,3	-45,5	5,6
						C	200 - 600	10	355,4	-40,4	3,6
TA21-54.10	54,10	vermelha com cinza	25,70	1,43E-07	1,05E-02	A	0 - 100	2	124,6	-3,8	0,0
						C	150 - 600	11	188,3	41,1	2,3
TA21-54.60	54,60	vermelha com cinza	14,81	1,33E-07	5,45E-03	A	0 - 100	2	320,5	-40,9	0,0
						C	150 - 600	11	17,5	-35,6	4,3
TA21-55.10	55,10	vermelha com cinza	23,33	1,30E-07	5,39E-03	A	0 - 100	2	113,4	29,8	0,0
						C	150 - 625	12	12,7	-28,2	4,9



**Tabela C** – Dados das amostras de testemunho da coleção TA-21 (parte 3).

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TA21-55.60	55,60	vermelha com cinza	15,11	9,79E-05	9,72E-04	A	0 - 100	2	192,4	-8,0	0,0
						C	150 - 600	11	13,6	-17,3	8,0
TA21-56.10	56,10	vermelha com cinza	25,92	1,24E-07	3,42E-03	A	0 - 100	2	343,9	19,6	0,0
						C	150 - 625	12	4,8	-13,1	6,1
TA21-56.60	56,60	vermelha com cinza	18,15	1,25E-07	3,65E-03	A	0 - 100	2	3,1	-50,5	0,0
						C	150 - 625	12	359,9	-36,9	2,6
TA21-57.10	57,10	vermelha com cinza	18,33	1,29E-07	7,82E-03	A	0 - 150	3	45,1	-50,9	8,2
						C	200 - 625	11	5,9	-40,1	2,5
TA21-57.60	57,60	vermelha com cinza	22,84	1,38E-07	1,53E-02	C	0 - 625	14	15,5	-40,4	4,1
TA21-58.10	58,10	vermelha com cinza	20,25	1,14E-07	3,59E-03	A	0 - 100	2	331,9	-63,8	0,0
						C	150 - 600	11	13,2	-27,0	4,2
TA21-58.60	58,60	vermelha com cinza	14,08	1,13E-07	1,37E-03	B	0 - 500	11	15,9	-19,3	9,5
						C	550 - 600	3	18,6	2,4	5,4
TA21-59.10	59,10	vermelha com cinza	15,99	1,30E-07	2,84E-03	C	0 - 625	14	354,6	-22,2	3,2
TA21-59.60	59,60	vermelha com cinza	23,17	1,21E-07	3,72E-03	A	0 - 100	2	23,5	-18,0	0,0
						C	150 - 570	10	4,8	-44,6	3,4
TA21-60.10	60,10	vermelha com cinza	21,90	1,38E-07	2,03E-03	C	0 - 570	12	3,9	-17,1	4,1
TA21-60.60	60,60	vermelha com cinza	23,57	1,27E-07	1,89E-03	A	0 - 100	2	69,7	-4,4	0,0
						C	150 - 500	8	14,7	-20,8	4,6
TA21-61.10	61,10	vermelha com cinza	20,75	1,26E-07	1,88E-03	A	0 - 100	2	89,9	-6,6	0,0
						C	150 - 570	10	29,6	-19,0	4,4
TA21-61.60	61,60	vermelha com cinza	22,94	1,22E-07	1,14E-03	A	0 - 100	2	291,6	-39,1	0,0
						C	150 - 500	8	6,6	-2,2	4,2
TA21-62.10	62,10	vermelha com cinza	14,29	1,12E-07	1,70E-03	C	0 - 600	13	22,8	-25,0	4,8
TA21-62.60	62,60	vermelha com cinza	14,33	1,12E-07	2,53E-03	C	0 - 625	14	352,1	-22,9	5,6

**Tabela C – Dados das amostras de testemunho da coleção TA-21 (parte 4).**

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TA21-63.10	63,10	vermelha com cinza	15,20	1,18E-07	4,28E-03	A	0 - 150	3	103,5	-1,2	7,3
						C	200 - 600	12	24,0	-17,3	6,2
TA21-63.60	63,60	vermelha com cinza	19,72	1,43E-07	6,02E-03	C	0 - 625	14	3,3	-13,3	3,6
TA21-64.10	64,10	vermelha com cinza	23,34	1,16E-07	4,78E-03	A	0 - 100	2	259,9	38,8	0,0
						C	150 - 600	11	117,3	20,7	7,8
TA21-64.60	64,60	cinza	18,50	1,43E-07	7,11E-04	A	0 - 100	2	94,9	-26,7	0,0
						C	150 - 550	9	184,1	14,7	6,3
TA21-65.10	65,10	cinza	18,80	1,32E-07	2,75E-04	A	0 - 100	2	32,2	-36,1	0,0
						B	150 - 550	8	217,9	27,3	7,5
TA21-65.60	65,60	cinza	13,36	1,24E-07	1,19E-03	C	0 - 625	14	191,7	22,9	6,6
TA21-66.10	66,10	cinza	20,04	1,24E-07	3,94E-04	A	0 - 100	2	137,9	-2,5	0,0
						C	150 - 300	4	40,9	-63,4	2,9
TA21-66.66	66,66	cinza	20,11	1,36E-07	9,42E-04	A	0 - 100	2	128,0	-4,3	0,0
						C	150 - 570	10	185,5	22,1	7,8
TA21-67.10	67,10	cinza	24,16	1,30E-07	3,10E-03	A	0 - 100	2	28,8	-7,3	0,0
						B	150 - 350	5	59,2	-55,8	8,2
TA21-67.60	67,60	cinza	21,47	1,55E-07	4,73E-04	A	0 - 100	2	133,2	17,2	0,0
						B	150 - 450	7	95,1	51,6	11,9
TA21-67.95	67,95	cinza	21,29	1,38E-07	6,72E-04	A	0 - 200	4	35,7	-19,3	2,0
						B	250 - 350	3	23,2	76,0	8,0
TA21-68.45	68,45	cinza	29,34	1,60E-07	1,49E-04	A	0 - 150	3	34,8	-42,8	5,0
						B	200 - 350	4	14,7	-42,5	4,1
TA21-68.46	68,46	cinza	20,72	1,37E-07	2,66E-03	A	0 - 100	2	121,4	15,6	0,0
TA21-69.06	69,06	cinza	27,82	1,19E-07	2,75E-04	A	0 - 200	4	1,5	-51,2	3,2
						B	250 - 450	5	245,4	50,0	14,5

**Tabela C** – Dados das amostras de testemunho da coleção TA-21 (parte 5).

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TA21-69.90	69,90	cinza	20,88	1,38E-07	1,10E-03	A	0 - 100	2	305,8	15,7	0,0
						B	150 - 300	4	295,8	21,4	15,0
TA21-70.50	70,50	cinza	25,16	1,60E-07	2,90E-04	A	0 - 100	2	93,4	-44,1	0,0
						B	150 - 500	7	21,5	-68,3	5,3
TA21-70.98	70,98	cinza	20,54	1,31E-07	1,00E-04	A	0 - 100	2	99,7	-35,8	0,0
TA21-71.40	71,40	cinza	16,52	1,43E-07	2,12E-04	A	0 - 100	2	37,5	-36,6	0,0
						B	150 - 400	6	12,9	-51,4	2,8
TA21-71.45	71,45	cinza	17,80	1,38E-07	7,16E-05	-	-	-	-	-	-
TA21-72.00	72,00	cinza	25,47	1,36E-07	1,78E-04	A	0 - 100	2	78,1	-36,6	0,0
						B	150 - 500	8	183,0	17,9	10,4
TA21-72.77	72,77	cinza	26,23	1,46E-07	6,86E-04	A	0 - 100	2	67,7	-10,4	0,0
						B	150 - 400	6	350,4	-69,8	5,4
TA21-73.00	73,00	cinza	28,50	1,49E-07	2,97E-04	A	0 - 100	2	197,3	20,5	0,0
						B	150 - 300	4	350,3	-55,3	8,5
TA21-73.50	73,50	cinza	27,03	1,56E-07	2,31E-04	A	0 - 100	2	57,2	-34,5	0,0
						B	150 - 500	8	355,3	-45,2	5,0
TA21-73.82	73,82	cinza	14,38	1,35E-07	2,31E-04	A	0 - 100	2	174,8	12,8	0,0
TA21-74.63	74,63	cinza	20,69	1,27E-07	2,37E-04	A	0 - 100	2	84,0	-46,5	0,0
TA21-75.50	75,50	cinza	14,54	1,19E-07	1,40E-04	A	0 - 100	2	71,0	-66,4	0,0
						C	150 - 450	7	14,2	-44,1	8,6
TA21-75.95	75,95	cinza	19,34	1,32E-07	2,14E-04	A	0 - 100	2	358,7	11,2	0,0
TA21-76.53	76,53	cinza	24,52	1,42E-07	2,27E-04	A	0 - 100	2	27,9	-42,7	0,0
						B	150 - 350	5	1,0	-59,5	8,5
TA21-76.95	76,95	cinza	21,86	1,44E-07	2,70E-04	A	0 - 100	2	99,3	-26,7	0,0
						B	150 - 450	7	42,6	-75,9	7,7

**Tabela C – Dados das amostras de testemunho da coleção TA-21 (parte 6).**

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TA21-77.90	77,90	cinza	11,18	1,50E-07	2,36E-04	A	0 - 100	2	14,5	-53,9	0,0
						C	150 - 400	6	355,0	-56,8	5,8
TA21-78.40	78,40	cinza	12,11	1,42E-07	8,89E-05	A	0 - 100	2	104,3	-14,3	0,0
TA21-78.90	78,90	cinza	15,14	1,36E-07	1,22E-04	A	0 - 250	4	19,1	-57,2	3,9
						C	350 - 450	3	23,4	-30,2	9,7
TA21-79.40	79,40	cinza	13,58	1,47E-07	1,60E-04	A	0 - 100	2	302,2	-65,9	0,0
						B	150 - 500	8	13,2	-50,5	5,3
TA21-79.90	79,90	cinza	25,64	1,66E-07	5,42E-04	A	0 - 100	2	41,1	-35,3	0,0
						B	150 - 350	5	8,2	-45,7	5,5
TA21-80.40	80,40	cinza	15,05	1,39E-07	4,78E-04	A	0 - 100	2	33,7	-47,6	0,0
						B	150 - 400	6	14,7	-57,3	2,1
TA21-80.90	80,90	cinza	15,35	1,54E-07	1,76E-04	A	0 - 100	2	46,3	-46,9	0,0
						B	150 - 450	6	24,2	-45,7	4,8
TA21-81.40	81,40	cinza	15,52	1,82E-07	3,21E-04	A	0 - 100	2	114,8	-29,2	0,0
						B	150 - 400	6	49,8	-45,7	3,7
TA21-81.90	81,90	cinza	23,15	1,72E-07	4,53E-04	A	0 - 100	2	87,5	-48,5	0,0
						B	150 - 300	4	13,3	-49,2	3,2
TA21-82.40	82,40	vermelha com cinza	15,01	1,75E-07	4,34E-03	A	0 - 100	2	103,9	-17,5	0,0
						B	150 - 300	4	349,2	-24,9	4,5
						C	350 - 600	7	19,0	42,7	6,7
TA21-82.90	82,90	vermelha com cinza	22,09	1,50E-07	8,94E-03	A	0 - 200	4	21,7	-24,6	3,8
						C	250 - 550	7	56,5	44,4	6,1
TA21-83.40	83,40	vermelha com cinza	18,60	1,42E-07	1,84E-03	A	0 - 300	6	25,5	-29,6	6,3
						B	350 - 600	7	30,5	24,0	9,8
TA21-83.90	83,90	vermelha com cinza	13,80	1,41E-07	2,98E-03	-	-	-	-	-	-

**Tabela C – Dados das amostras de testemunho da coleção TA-21 (parte 7).**

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TA21-84.40	84,40	vermelha com cinza	16,55	1,52E-07	1,80E-03	A	0 - 100	2	68,1	-27,0	0,0
						B	150 - 250	3	10,0	-13,8	9,3
TA21-84.90	84,90	cinza	19,32	1,31E-07	7,55E-04	A	0 - 100	2	109,1	-78,0	0,0
						B	150 - 450	7	13,2	-70,7	4,5
TA21-85.40	85,40	cinza	22,60	1,76E-07	5,26E-04	A	0 - 100	2	21,0	-67,5	0,0
						B	150 - 350	5	0,2	-53,2	10,0
TA21-85.90	85,90	cinza	27,04	1,37E-07	3,10E-04	A	0 - 100	2	71,0	-54,4	0,0
						B	150 - 500	7	17,0	-55,0	6,4
TA21-86.40	86,40	cinza	21,10	1,41E-07	2,78E-04	A	0 - 150	3	220,8	43,0	3,0
						B	200 - 550	8	45,6	-55,8	5,9
TA21-86.90	86,90	cinza	25,89	1,31E-07	5,98E-04	A	0 - 100	2	351,1	-10,6	0,0
						B	150 - 450	7	9,8	-55,0	7,9
TA21-87.40	87,40	cinza	20,28	1,38E-07	4,15E-04	A	0 - 100	2	125,8	-29,3	0,0
						B	150 - 500	8	34,2	-34,9	5,1
TA21-87.90	87,90	cinza	12,93	1,37E-07	5,98E-05	A	0 - 100	2	125,8	-7,1	0,0
TA21-88.40	88,40	cinza	27,14	1,43E-07	1,85E-04	A	0 - 100	2	157,8	18,4	0,0
						C	150 - 300	4	12,6	-52,7	3,6
TA21-88.90	88,90	cinza	20,82	1,29E-07	6,09E-04	A	0 - 100	2	7,3	-40,6	0,0
						B	150 - 450	7	13,8	-56,2	2,8
TA21-89.40	89,40	cinza	20,64	1,59E-07	3,45E-04	A	0 - 100	2	74,4	-47,8	0,0
						B	150 - 550	9	14,7	-50,7	7,5
TA21-89.90	89,90	cinza	12,65	1,72E-07	1,89E-04	A	0 - 100	2	99,0	-31,8	0,0
						B	150 - 450	7	19,7	-57,1	5,1
TA21-90.40	90,40	cinza	15,48	1,43E-07	1,78E-04	A	0 - 150	3	30,5	-48,8	8,7
						B	250 - 450	5	22,0	-54,2	5,3

**Tabela C** – Dados das amostras de testemunho da coleção TA-21 (parte 8).

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TA21-90.90	90,90	cinza	15,60	1,54E-07	1,66E-04	A	0 - 100	2	56,7	-31,8	0,0
						C	150 - 500	8	28,9	-54,7	5,7
TA21-91.41	91,41	cinza	24,89	1,38E-07	2,59E-04	B	0 - 400	8	90,9	49,5	3,7
TA21-91.90	91,90	cinza	24,83	1,32E-07	3,29E-04	A	0 - 100	2	27,4	-20,4	0,0
						C	150 - 400	6	20,6	-51,1	6,2
TA21-92.40	92,40	cinza	17,12	1,36E-07	1,78E-04	A	0 - 100	2	28,3	-10,5	0,0
						C	150 - 450	7	5,5	-44,8	6,4
TA21-93.00	93,00	cinza	25,27	1,50E-07	3,06E-04	A	0 - 100	2	343,4	-7,5	0,0
						C	150 - 400	6	18,3	-52,7	4,5
TA21-93.50	93,50	cinza	19,28	1,58E-07	3,21E-04	A	0 - 100	2	343,6	-44,1	0,0
						C	150 - 500	8	354,3	-61,3	5,1
TA21-93.90	93,90	cinza	17,71	1,56E-07	2,44E-04	C	0 - 400	8	31,0	-57,6	3,0
TA21-94.30	94,30		24,32	1,31E-07	4,56E-04	C	0 - 500	10	36,0	-65,8	5,5
TA21-94.90	94,90	cinza	26,95	1,31E-07	4,26E-04	A	0 - 100	2	72,9	-55,9	0,0
						C	150 - 400	6	14,0	-60,8	5,1
TA21-95.30	95,30	cinza	26,21	1,29E-07	2,60E-04	A	0 - 100	2	78,7	-45,2	0,0
						C	150 - 450	7	36,0	-55,7	7,2
TA21-95.50	95,50	cinza	21,33	1,47E-07	4,97E-04	C	0 - 500	10	5,5	-62,2	3,5
TA21-96.00	96,00	cinza	27,16	1,19E-07	0,0006	A	0 - 100	2	62,9	-1,2	0,0
						B	150 - 350	5	5,3	-56,7	3,3
TA21-96.50	96,50	cinza	28,17	1,45E-07	3,05E-04	A	0 - 100	2	205,8	-83,5	0,0
						C	150 - 500	8	20,3	-55,7	8,9
TA21-97.00	97,00	cinza	12,78	1,56E-07	1,03E-04	A	0 - 100	2	171,4	-43,5	0,0
						C	150 - 500	7	0,6	-49,6	11,3
TA21-97.57	97,57	cinza	25,77	1,27E-07	5,24E-04	C	0 - 350	7	5,1	-55,6	1,8

**Tabela C** – Dados das amostras de testemunho da coleção TA-21 (parte 9).

Amostra	Prof. (m)	Cor	Massa (g)	k	NRM	Componente	Intervalo de T (°C)	Nº de pontos	Dec (°)	Inc (°)	MAD
TA21-98.00	98,00	cinza	21,57	1,46E-07	1,69E-04	A	0 - 100	2	98,2	-42,5	0,0
						C	150 - 450	7	28,2	-45,3	8,8
TA21-98.50	98,50	cinza	12,24	1,45E-07	1,28E-04	A	0 - 100	2	62,8	-55,6	0,0
						B	150 - 350	5	29,1	-45,4	3,8
TA21-99.00	99,00	cinza	18,68	1,18E-07	3,42E-04	A	0 - 100	2	63,6	-11,3	0,0
						B	150 - 400	6	13,1	-54,5	4,6
						C	450 - 500	2	57,9	14,2	6,3
TA21-100.00	100,00	cinza	19,12	1,18E-07	4,43E-04	A	0 - 100	2	79,1	-66,5	0,0
						C	150 - 450	7	11,2	-54,3	4,3
TA21-100.2	100,20	cinza	15,36	1,39E-07	1,66E-04	A	0 - 100	2	5,5	-4,3	0,0
						C	150 - 400	6	40,3	-37,4	10,3
TA21-100.50	100,50	cinza	18,98	1,32E-07	1,66E-04	C	0 - 500	10	12,4	-45,2	4,7
TA21-101.00	101,00	cinza	15,47	1,56E-07	1,90E-04	C	0 - 500	9	20,8	-45,9	4,0
TA21-101.50	101,50	cinza	24,79	1,44E-07	2,39E-04	A	0 - 100	2	321,6	-73,4	0,0
						C	150 - 500	8	26,1	-45,8	5,2
TA21-102.00	102,00	cinza	11,14	1,40E-07	1,66E-04	A	0 - 100	2	345,7	9,7	0,0
						C	150 - 350	5	47,9	-63,4	8,6
TA21-102.80	102,80	cinza	20,57	1,35E-07	3,11E-04	A	0 - 100	2	17,6	62,6	0,0
						B	150 - 350	5	115,3	35,7	4,1

Prof. – profundidade; k – susceptibilidade magnética; NRM – Magnetização Remanescente Natural; Dec – declinação; Inc – inclinação; MAD – Desvio Angular Máximo.