

## Geologia dos primeiros derrames de lavas do Grupo Serra Geral no rifte Fronteira Oeste, extremo sul do Brasil – guia de campo

*Geology of the first Serra Geral Group lava flows in the Fronteira Oeste rift, southernmost Brazil – a field guide*

Leonardo Cardoso Renner <sup>1</sup>, Eduarda Klabunde <sup>1</sup>, David Shiguekazu Kanazawa <sup>1</sup>, Léo Afraneo Hartmann <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: [leorenner@gmail.com](mailto:leorenner@gmail.com).

<https://doi.org/10.51359/1980-8208.2024.262407>

### RESUMO

Os afloramentos descritos neste guia de campo estão localizados na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, nas proximidades do município de Quaraí que faz divisa com o município de Artigas no Uruguai. São compostos por derrames de lava do Grupo Serra Geral, pertencentes à Formação Alegrete. A composição é de quartzoandesito (Derrame Catalán) e andesito basáltico (Derrames Cordillera e Muralha). A ocorrência de rochas correlatas no Uruguai, região de Artigas é caracterizada pela extensa extração de geodos de ametista e ágata em camadas específicas. O estudo geológico/estratigráfico destes mesmos derrames no lado brasileiro, acompanhado de interpretação de imagens de satélite e modelamento tridimensional de fotografia por drone, possibilitou a identificação de porções hidrotermalizadas caracterizadas por intensa percolação de fluidos do Aquífero Guarani. Foram indicadas 8 paradas em 6 áreas específicas, indicando características importantes de cada derrame. A camada (1) é composta por brechas de cor violeta, injeções de areia, precipitados de calcita e ocorrência de geodos de ágata, caracterizado por um ambiente redutor. E a camada (2) é composta por disjunção colunar, sem presença de geodos de ágata e caracterizado por um ambiente oxidante. A ocorrência dos geodos de ametista e ágata especificamente na camada redutora na região de Artigas demonstra que a região de Quaraí possui o mesmo potencial de ocorrência de ametista e ágata nas camadas dos derrames correlatos.

**Palavras-chave:** Grupo Serra Geral; derrame Catalán; derrame Cordillera; derrame Muralha.

## ABSTRACT

The outcrops described in this field guide are from the Western Border of Rio Grande do Sul State, Brazil, near the municipality of Quaraí, which is adjacent to the municipality of Artigas in Uruguay. The outcrops are composed of lava flows from the Serra Geral Group, belonging to the Alegrete Formation of the Serra Geral Group. The composition is quartz andesite (Catalán Flow) and basaltic-andesite (Cordillera and Muralha Flows). The occurrence of correlated rocks on the Uruguayan side, in the Artigas region, is characterized by extensive extraction of amethyst and agate geodes in specific layers of flows. The geological/stratigraphic study of these same lava flows on the Brazilian side, accompanied by satellite imagery and three-dimensional modeling from drone photography, allowed the identification of hydrothermalized portions characterized by intense fluid percolation from the Guarani Aquifer. Eight stops were selected in six specific areas, showing the percolation of hydrothermal fluids in two internal layers within each lava flow. The first, lower layer (Tier 1) is composed of violet-colored breccias, sand injections, calcite, and occurrences of agate geodes, characterized by a reduced environment. The second, upper layer (Tier 2) is composed of columnar jointing without agate geode occurrences and is characterized by an oxidized environment. The occurrence of amethyst and agate geodes specifically in the reduced layer in the Artigas region indicates that the Quaraí region has the same potential for the occurrence of amethyst and agate geodes in Layer 1 of the corresponding lava flows.

**Keywords:** Serra Geral Group; Catalán flow; Cordillera flow; Muralha flow.

## 1. INTRODUÇÃO

A Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil) é caracterizada por derrames do Grupo Serra Geral entreformados em  $134.5 \pm 2$  Ma, conforme Turner et al. (1994)). Os derrames estão sobrepostos a arenitos da Formação Botucatu do Jurássico ao Cretáceo Inferior, conforme Schneider et al. (1974), estes pertencentes a porção superior da Bacia do Paraná (Scherer, 2000; Scherer et al., 2023). O Rifte A geração do rifte intraplaca Paraná-Etendeka gerou um amplo fraturamento da crosta na porção sul da América do Sul e África. Na porção sul do Brasil, o distensionamento é caracterizado pelo Rifte da Fronteira Oeste com área estimada em 15,000 Km<sup>2</sup>, segundo Silva et al. (2004) e Hartmann et al. (2010), conforme mostra a Figura 1.

As rochas basálticas (1 milhão km<sup>2</sup>) do Rifte da Fronteira Oeste, no processo de efusão cobriram o paleodeserto Botucatu (Figura 1; 1,2 milhão km<sup>2</sup>) na porção de interdunas com o Derrame Mata Olho (basalto) e outros, seguidos

pelos Derrames Catalán (quartzo andesito), Cordillera, Muralha e Coxilha, sendo estes andesitos basálticos, pertencentes à Formação Alegrete do Grupo Serra Geral.

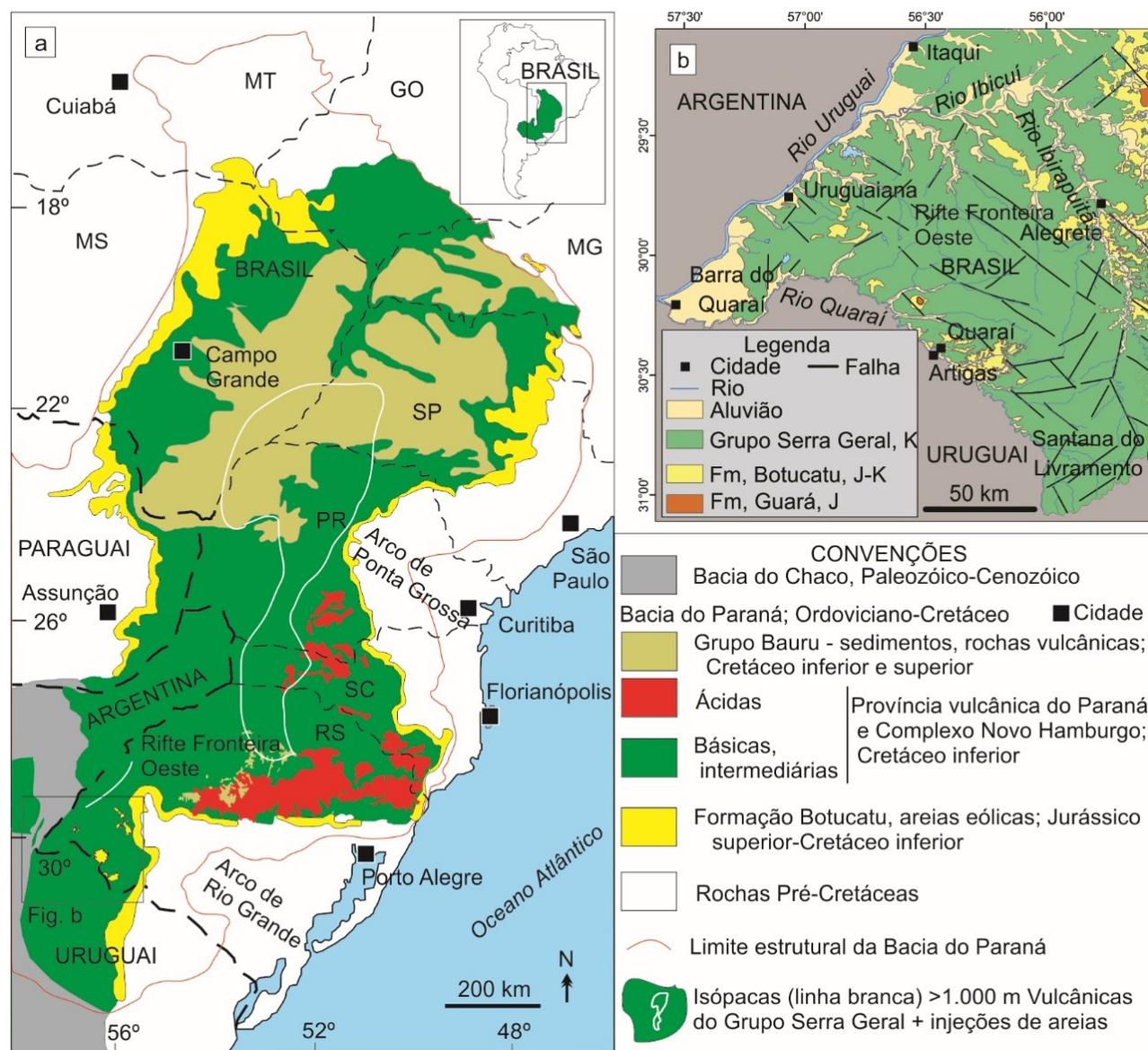
Esta região é caracterizada pelos extensos derrames de lavas, predominantemente basálticas e também pela percolação dos fluidos quentes aquecidos pela pluma mantélica com os sedimentos da Formação Botucatu (Hartmann et al., 2022) e os derrames citados acima. Este evento hidrotermal ocorreu em cada etapa da fusão parcial do manto para cada derrame, formando depósitos epitermais de ágata e ametista. Na região de Artigas (URU) ocorrem extrações de ágata e ametista em camadas específicas dos Derrames Catalán (Los Catalanes) e Cordillera (mina Cordillera).

O objetivo deste guia de campo é mostrar ao leitor a estratigrafia magmática e seus eventos de hidrotermalismo dos Derrames Catalán, Cordillera e Muralha

potencialmente portadores de ametista e ágata entre os municípios de Quaraí e Santana do Livramento.

Para este estudo foram realizadas 4 etapas de campo na região. O mapeamento geológico contou com o auxílio de mapas dos trabalhos de Bergman et al. (2020), imagens de satélite do Google Earth- e imagens do CubeSat

PSB.SD. Para o detalhamento de algumas áreas foram utilizadas imagens RGB adquiridas pelo drone FIMI X8 no qual foram processados para a geração de MDE e ortomosaico. Para auxílio na identificação dos tipos de derrames foi utilizado um Gamaespectrômetro portátil modelo Super Spec RS 125.



**Figura 1.** (a) Mapa geológico modificado de Hartmann e Cerva-Alves, 2023; Hartmann et al., 2022a. da Bacia do Paraná mostrando unidades Cretáceas – Formação Botucatu, Grupo Serra Geral e Bauru. (b) Mapa geológico do rifte da fronteira (Silva et al. 2004) mostrando o domínio das rochas vulcânicas e exposição da Formação Botucatu.

## 2. LOGÍSTICA DE CAMPO

Quaraí foi escolhida como base, por ser a cidade mais próxima das áreas selecionadas (Figura 2). Possui poucos hotéis, sendo indispensável a realização de reservas. A opção gastronômica é variada e seu centro possui diversos serviços e comércios.

Quaraí é uma pequena cidade na divisa com o Uruguai, com a população do município estimada em 24 mil habitantes a uma altitude de 112 m e situa-se a aproximadamente 596 km da capital do estado Porto Alegre. O trajeto, saindo de Porto Alegre, é realizado por carro pela

BR-290 indo em direção ao município de Rosário do Sul, distando 390 km, em seguida percorre-se a BR-158 em direção a Santana do Livramento por 106 km. De Santana do Livramento até Quaraí são mais 108 km pela BR-293.

Quaraí também pode ser acessada parcialmente por avião completado por um pequeno trecho em rodovia. Como não há aeroporto em Quaraí a melhor opção é utilizar um voo saindo de Porto Alegre para Uruguaiana (voo diário) e o trecho final por carro ou ônibus em direção a Quaraí pela BR-290 por 72 km e depois a BR-377 por mais 50 km.



**Figura 2.** Imagem de satélite Landsat/Copernicus do aplicativo do Google Earth mostrando a região da fronteira entre Quaraí (BRA) e Artigas (URU). São destacadas 8 áreas de estudo, malha de estradas e caminhos disponíveis na região.

## 3. ROTEIRO DE CAMPO

O roteiro de campo é composto por 8 paradas em 3 áreas distintas contemplando os Derrames Catalán, Cordillera e Muralha. Nesta primeira área

são abordadas as camadas 1 e 2 dos Derrames Catalán e Cordillera e seus contatos. A Tabela 1 mostra as coordenadas e derrames a serem visitados neste roteiro.

Tabela 1. Localização dos derrames das áreas selecionadas.

Parada nº	Latitude S	Longitude O	Altitude (m)	Derrames a observar
1	30°32'46.42"	56°07'25.53"	150	Derrames Catalán e Cordillera
2	30°29'35.23"	56°06'57.42"	190	Derrame Catalán
3	30°28'31.77"	56°00'34.45"	224	Derrames Catalán e Cordillera
4	30°27'20.37"	56°00'56.12"	192	Derrames Catalán, Cordillera e ágatas
5	30°19'19.37"	56°05'58.24"	280	Derrames Cordillera, Muralha e ágatas
6	30°18'45.81"	56°04'23.28"	302	Derrames Cordillera e Muralha
7	30°18'01.56"	56°01'52.57"	262	Derrames Cordillera e Muralha
8	30°25'54.89"	55°55'54.71"	270	Derrames Catalán, Cordillera, Muralha e ágatas

### Parada 1 – Derrames Catalán e Cordillera

Na rótula de acesso ao município de Quaraí toma-se a BR-293 em direção à Santana do Livramento por 35,5 km (Figura 3). A parada 1 está no corte de estrada à direita na altitude de 150 m. Neste corte de estrada é possível identificar o Derrame Cordillera maciço na parte superior em contato com a camada 2 do Derrame Catalán (Figura 4A). É identificada a camada 2 do Derrame Catalán com presença de brecha hidrotermal e cristais centimétricos a milimétricos de calcita (Figura 4B).

Subindo o relevo fora da estrada, existe uma pedreira inativa com ocorrência da camada 2 do Derrame Cordillera no topo, logo abaixo uma zona maciça, caracterizada como camada 1 do Derrame Cordillera (Figura 4C). Na porção oeste da pedreira é possível identificar a estratigrafia composta na sua base pelo evento da camada 2 do Derrame Catalán com brecha hidrotermal e ocorrência de ágatas centimétricas espalhadas pelo terreno, seguido da camada 1 do Derrame Cordillera (Figura 4D e E).

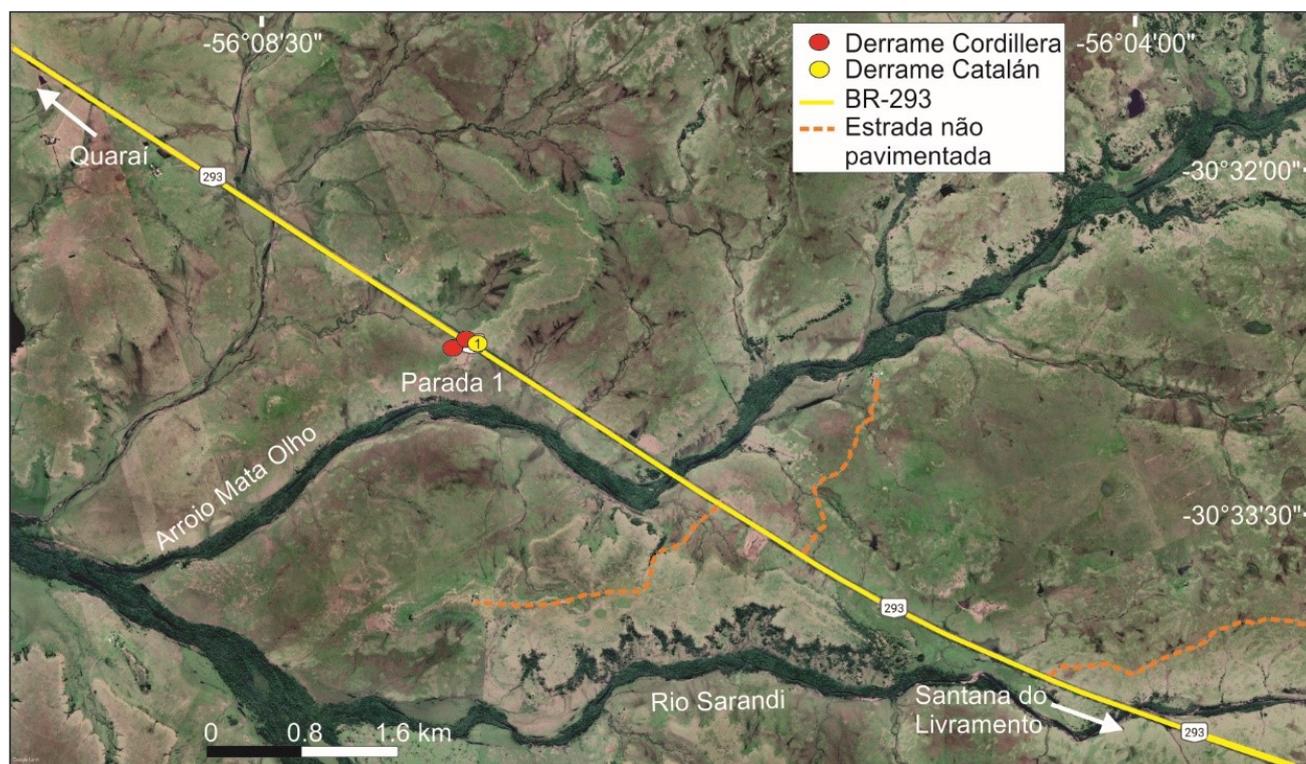
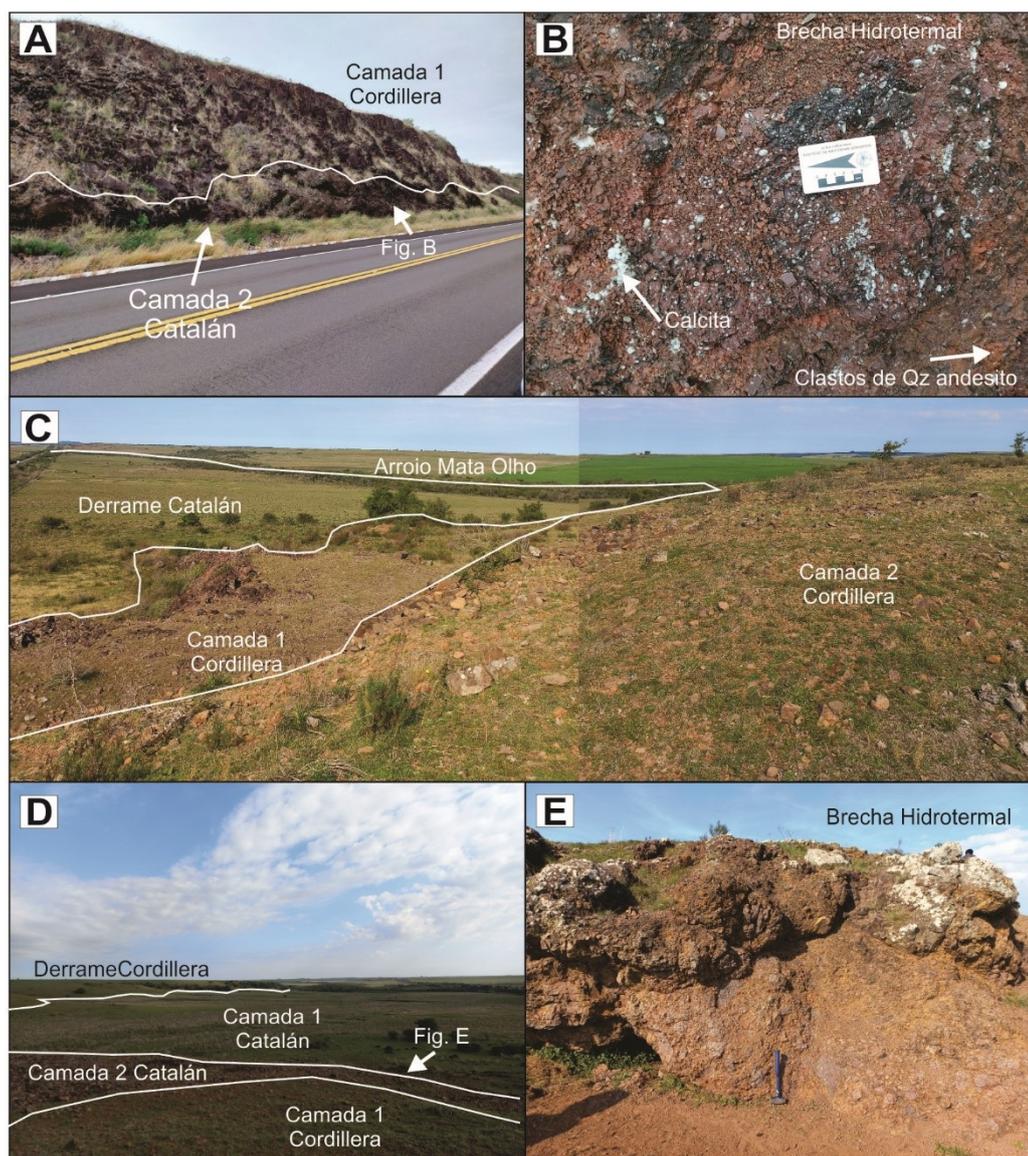


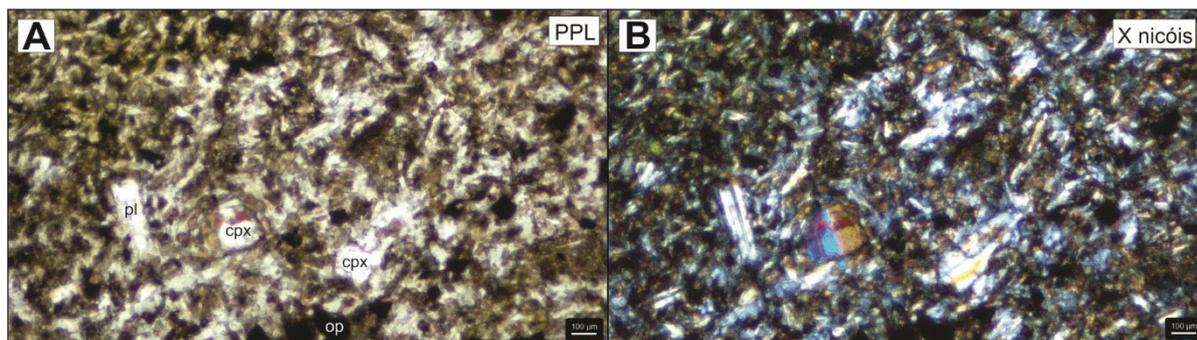
Figura 3. Imagem de satélite mostrando a localização dos Derrames Catalán e Cordillera e a localização da parada 1.



**Figura 4.** Detalhes da parada 1 mostrando em (A) afloramento corte de estrada identificado pelo contato da camada 1 do Derrame Cordillera com a camada 2 do Derrame Catalán. (B) detalhe da camada 2 do Derrame Catalán com cristais de calcita em brecha hidrotermal. (C) porção leste de pedra inativa mostrando na altitude mais baixa a ocorrência do Derrame Catalán, subindo a estratigrafia a ocorrência da camada 1 e camada 2 do Derrame Cordillera. (D) porção oeste da pedra com ocorrência da camada 1 do Derrame Catalán encoberto pela vegetação seguido da camada 2 do mesmo derrame em contato com a camada 1 do Derrame Cordillera. (E) detalhe mostrando a ocorrência de brecha hidrotermal da camada 2 do Derrame Catalán.

Lâminas petrográficas foram preparadas com amostras da camada 2 do Derrame Cordillera (Figura 5A e B). A rocha possui textura hipocristalina com microfenocristais de plagioclásio de no máximo 0,5 mm e clinopiroxênios de no máximo 0,4 mm, totalizando 3% do volume da rocha. A amostra possui textura intersertal e a matriz é composta por vidro, clinopiroxênio e pequenos

cristais de plagioclásio, totalizando 97% da rocha. O processo de alteração é identificado pela alteração da matriz pelo processo de desvitrificação de cor marrom e alteração parcial dos clinopiroxênios por argilominerais. Os microfenocristais de plagioclásio possuem poucas fraturas e ocasionalmente são preenchidos por argilas. O processo de alteração perfaz cerca de 55% da amostra.

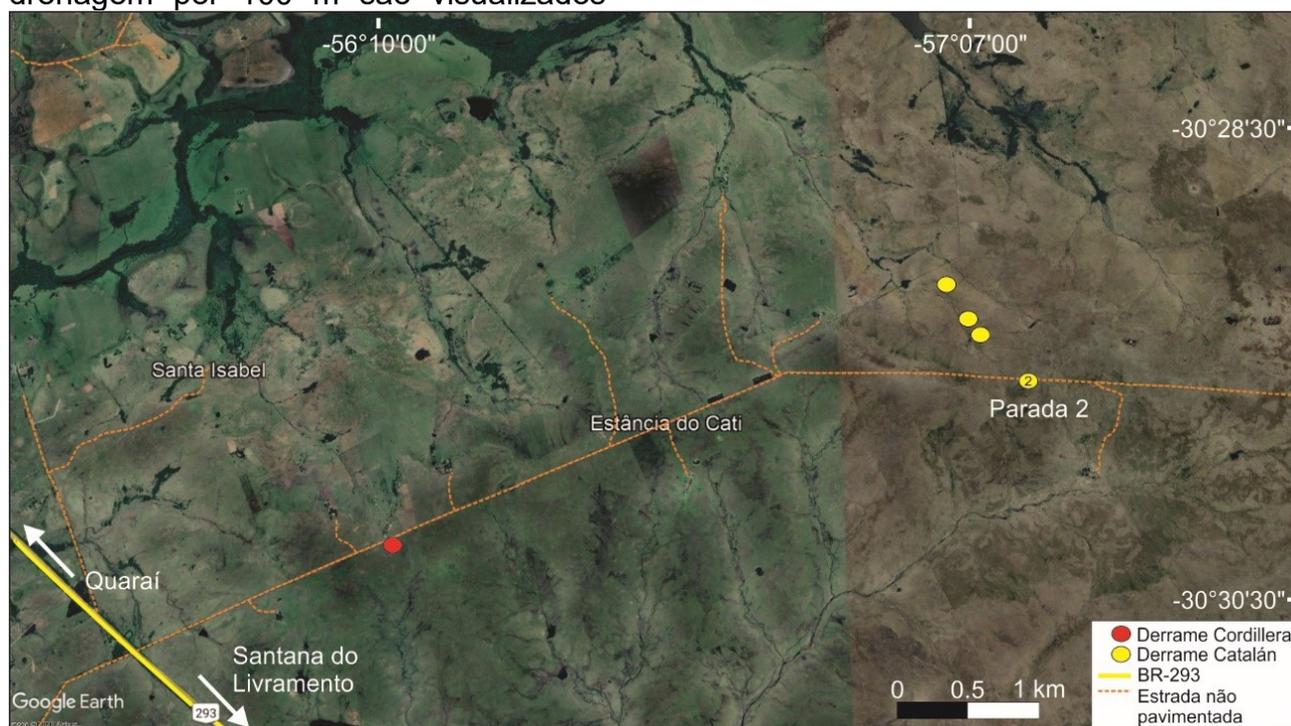


**Figura 5.** Fotomicrografia das principais texturas e assembleia mineral do Derrame Cordillera da parada 1.

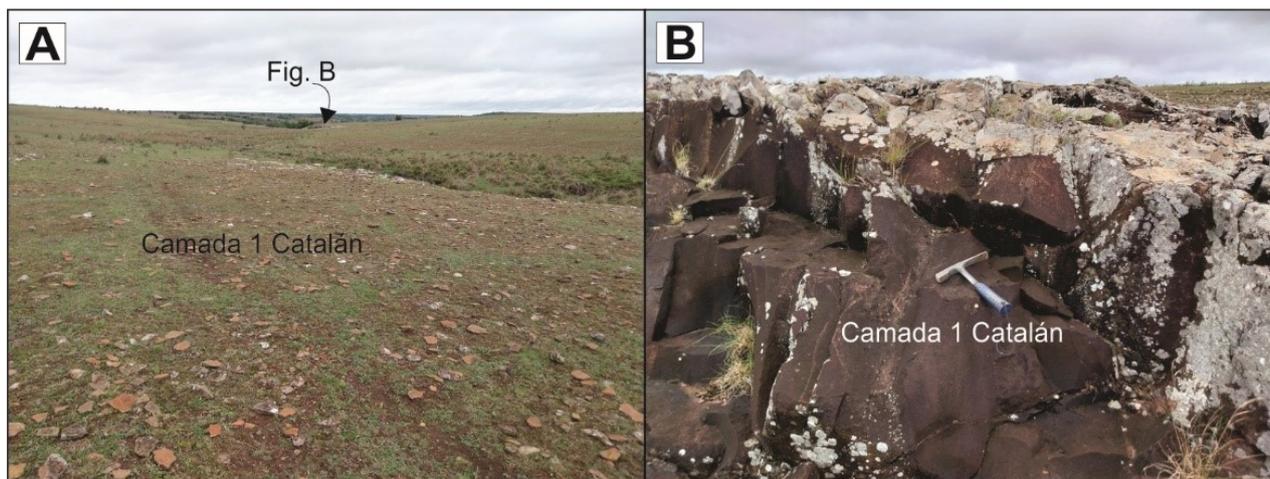
### Parada 2 – Derrame Catalán

Voltando em direção a Quaraí pela BR-293 por 6,9 km entra-se à direita na estrada de terra. Nesta estrada, desloca-se em direção leste por mais 7 km. O perfil, composto por 1 km, está à esquerda da estrada próximo à drenagem (Figura 6). No início deste perfil (altitude de 190 m) a camada 2 do Derrame Catalán está encoberto pela vegetação. Descendo a drenagem por 100 m são visualizados

pequenos lajeados com disjunções colunares no leito da drenagem (camada 2). Nos últimos 0,5 km ocorrem ágatas centimétricas, pequenas placas decimétricas de coloração marrom (Figura 7A) e no final do perfil (altitude de 179 m) a ocorrência de blocos maciços em afloramento com 20 m<sup>2</sup> (Figura 7B), caracterizando a camada 1 do Derrame Catalán.



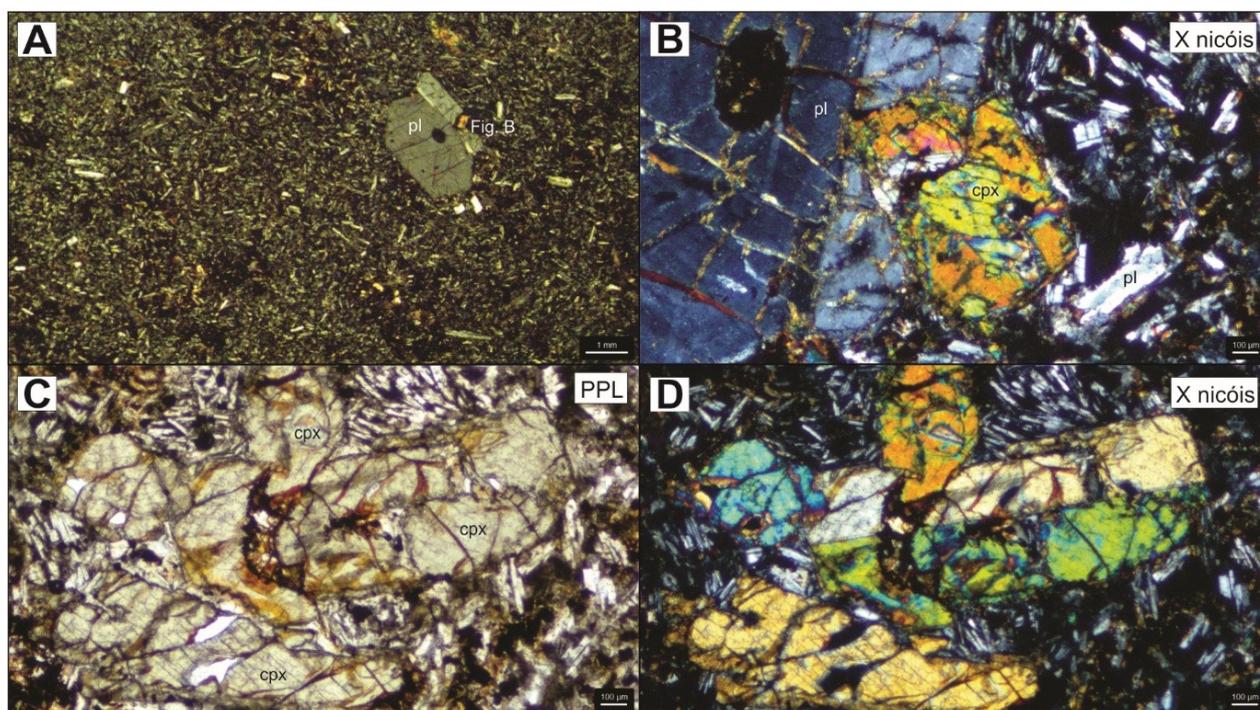
**Figura 6.** Imagem de satélite mostrando o perfil do Derrame Catalán da parada 2.



**Figura 7.** Em (A) ocorrem placas centimétricas e pequenos lajeados da camada 1 do Derrame Catalán. (B) detalhe do maciço rochoso com disjunções colunares da camada 1 do Derrame Catalán.

A petrografia da camada 1 do Derrame Catalán da parada 2 tem textura hipocristalina (65% matriz) e pequenos agregados de plagioclásio e clinopiroxênios medindo no máximo 3 mm. (Figura 8A). O plagioclásio ocorre como microfenocristais com tamanho máximo de 3 mm e pequenos cristais constituindo a matriz (Figura 8B). Cristais de clinopiroxênio perfazem a matriz e ocorrem também como microfenocristais

com tamanho máximo de 1,5 mm (Figura 8C). O processo de alteração é identificado por porções da matriz argilizadas (Figura 8A), sugerindo a percolação de fluidos pela rocha. Os microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio são predominantemente fraturados e preenchidos por hidróxido de ferro e os clinopiroxênios são parcialmente argilizados (Figura 8B, C e D).



**Figura 8.** Fotomicrografia da camada 1 do Derrame Catalán da parada 2.

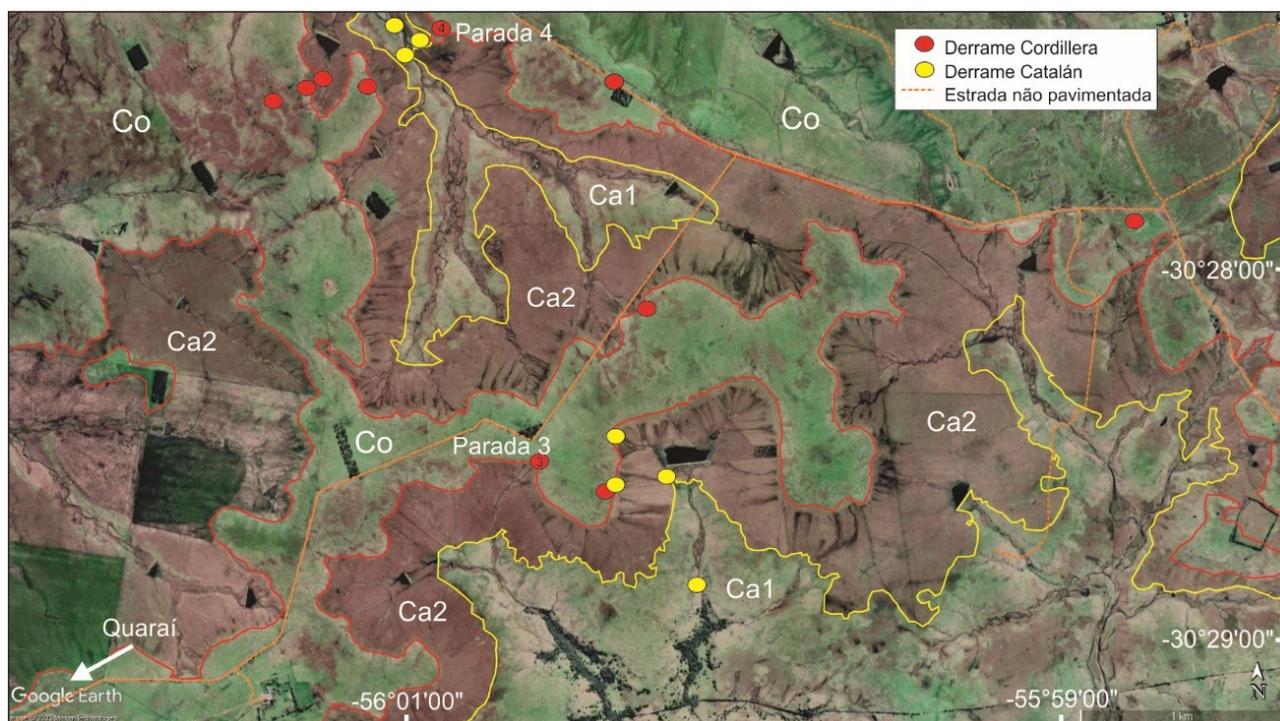
### Parada 3 – Derrames Cordillera e Catalán

Continuando na mesma estrada em sentido leste por 11 km tem início ao lado direito da estrada o perfil composto pelos Derrames Cordillera e Catalán (Figura 9). Nesta área foi realizado um voo para aquisição de imagens aéreas no qual possibilitou o processamento de um ortomosaico mostrando a localização de pontos levantados e os limites entre os Derrames Catalán e Cordillera (Figura 10).

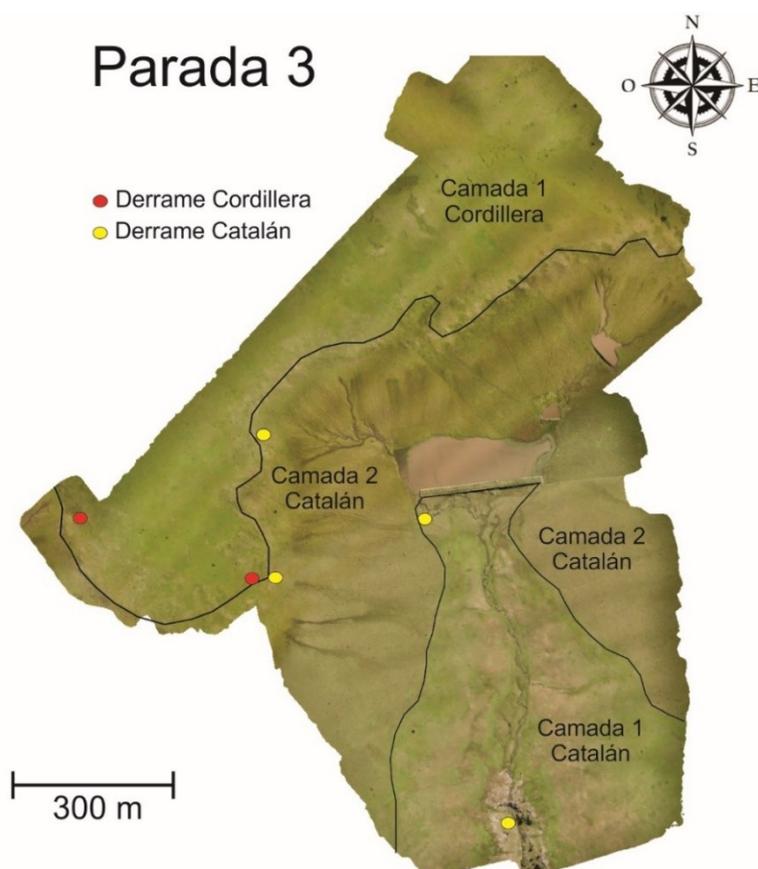
Este perfil mostra blocos decimétricos da camada 1 do Derrame Cordillera no topo em contato da camada 2 do Derrame Catalán (altitude de 224 m) caracterizado pela suave quebra de relevo (Figura 11A). Descendo a topografia em direção à barragem são encontrados pequenos lajeados da camada 1 do

Derrame Catalán. Acompanhando a drenagem em direção sul por 0,5 km encontra-se grande lajeado com queda de água de 3 m de altura de estrutura maciça com disjunções colunares em uma altitude de 197 m (Figura 11B). Nesta área não foram observados a ocorrência de ágatas.

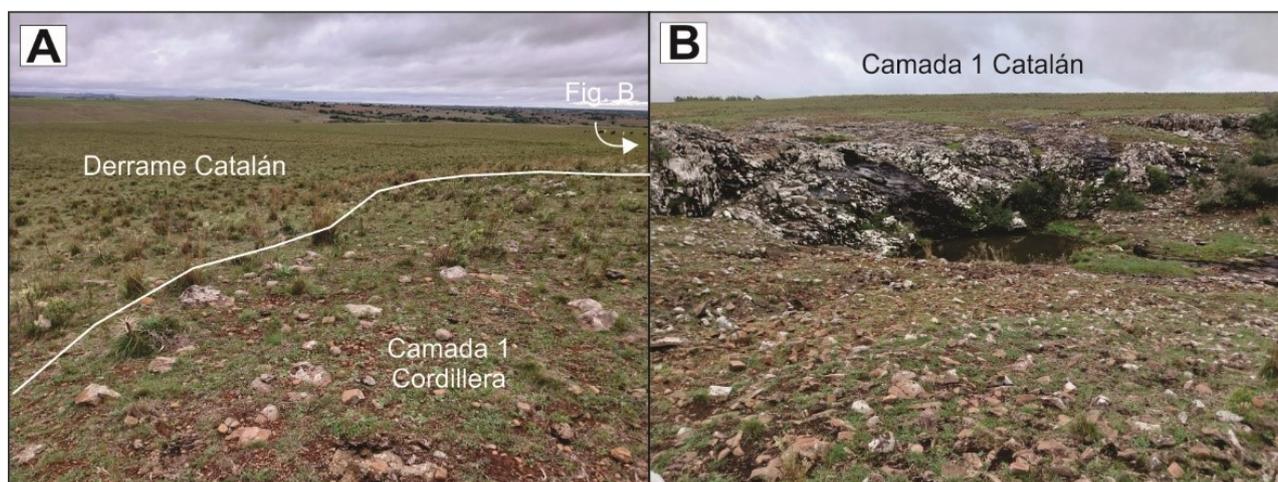
A análise petrográfica da camada 1 do Derrame Catalán da parada 3 consiste em uma textura hipocristalina com matriz em torno de 55% composta por cristais de plagioclásio e clinopiroxênio argilizados. Os microfenocristais de plagioclásio medem no máximo 9 mm e são comumente fraturados com preenchimento por hidróxidos de ferro. Os microfenocristais de clinopiroxênio são parcialmente fraturados com preenchimento por hidróxidos de ferro e argilas com tamanho máximo de 0,7 mm (Figura 12A, B, C e D).



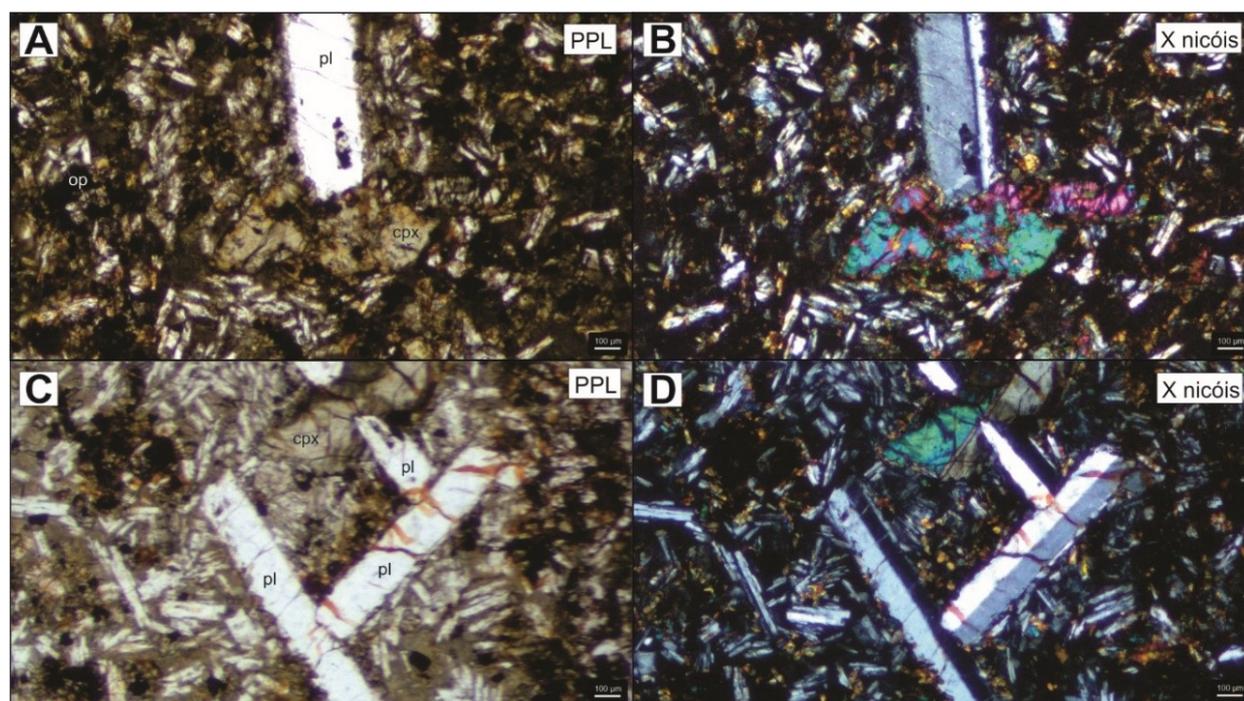
**Figura 9.** Imagem de satélite do Google Earth identificando as paradas 3 e 4. Os círculos em vermelho e amarelo são afloramentos visitados do Derrame Cordillera e do Derrame Catalán, respectivamente. As linhas em vermelho e amarelo marcam os limites, respectivamente, do Derrame Cordillera e do Derrame Catalán.



**Figura 10.** Ortomosaico realizado por fotografias aéreas adquiridas por drone mostrando os limites dos Derrames Catalán e Cordillera. Os círculos em vermelho são afloramentos de pequenos blocos do Derrame Cordillera. Os círculos em amarelo mostram blocos e lajeados do Derrame Catalán.



**Figura 11.** Em (A) é mostrado o contato sutil entre os Derrames Cordillera (camada 1) no topo com pequenos blocos decimétricos a centimétricos, logo abaixo, uma pequena quebra do relevo identificando blocos muito alterados da camada 2 do Derrame Catalán e posteriormente em um relevo mais plano a ocorrência de pequenos lajeados e blocos da camada 1 do Derrame Catalán. Em (B) são identificados grandes lajeados e uma pequena queda de água da camada 1 do Derrame Catalán.



**Figura 12.** Fotomicrografia da camada 1 do Derrame Catalán da parada 3.

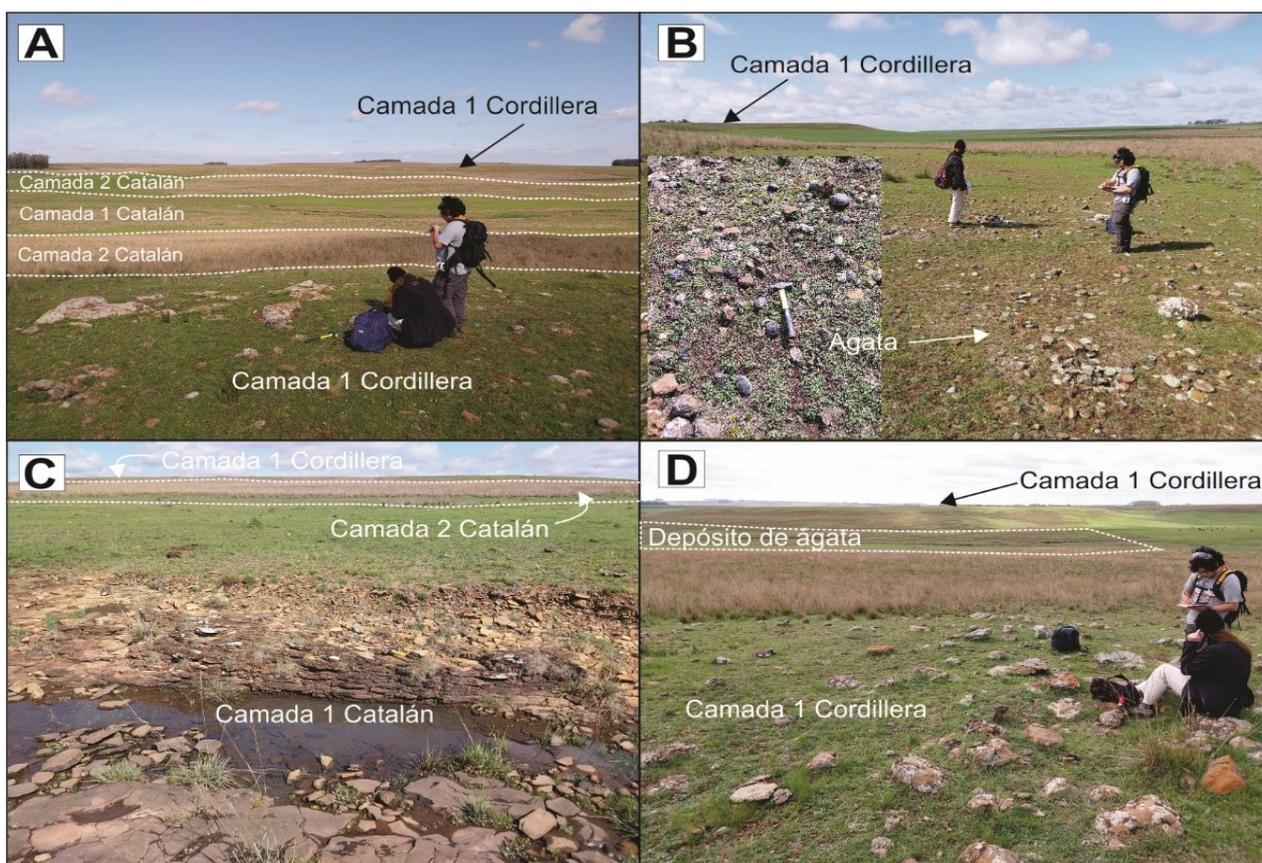
#### **Parada 4 – Derrames Catalán e Cordillera**

Em direção nordeste por 1,5 km pega-se a esquerda em direção noroeste por 1,6 km. Neste perfil inicia-se no lado esquerdo da estrada com ocorrência de blocos centimétricos a decimétricos da camada 1 do Derrame Cordillera (Figura 13A) em uma altitude de 192 m. Indo em direção sudoeste ao encontro da drenagem por 150 m encontra-se ágatas centimétricas espalhadas no terreno (Figura 13B). No leito da drenagem ocorrem lajeados da camada 1 do Derrame Catalán a uma altitude de 178 m (Figura 13C). O perfil continua em direção sudoeste identificado por pequenos blocos decimétricos do Derrame Cordillera na altitude de 193 m (Figura 13D). Transpondo a quebra de relevo ocorrem na altitude de 185 m próximo ao

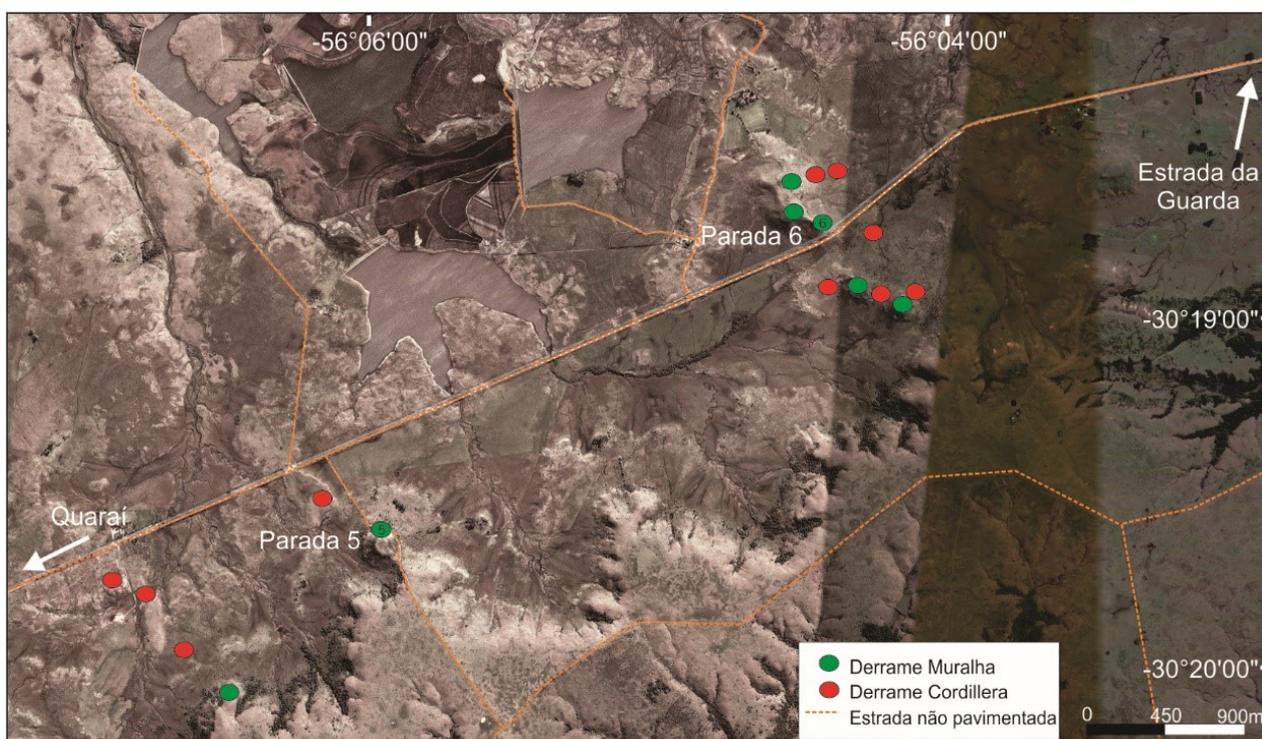
açude ágatas centimétricas espalhadas no terreno. O perfil é finalizado pela ocorrência de blocos decimétricos a centimétricos da camada 1 do Derrame Cordillera na altitude de 207 m.

#### **Parada 5 – Derrames Cordillera e Muralha**

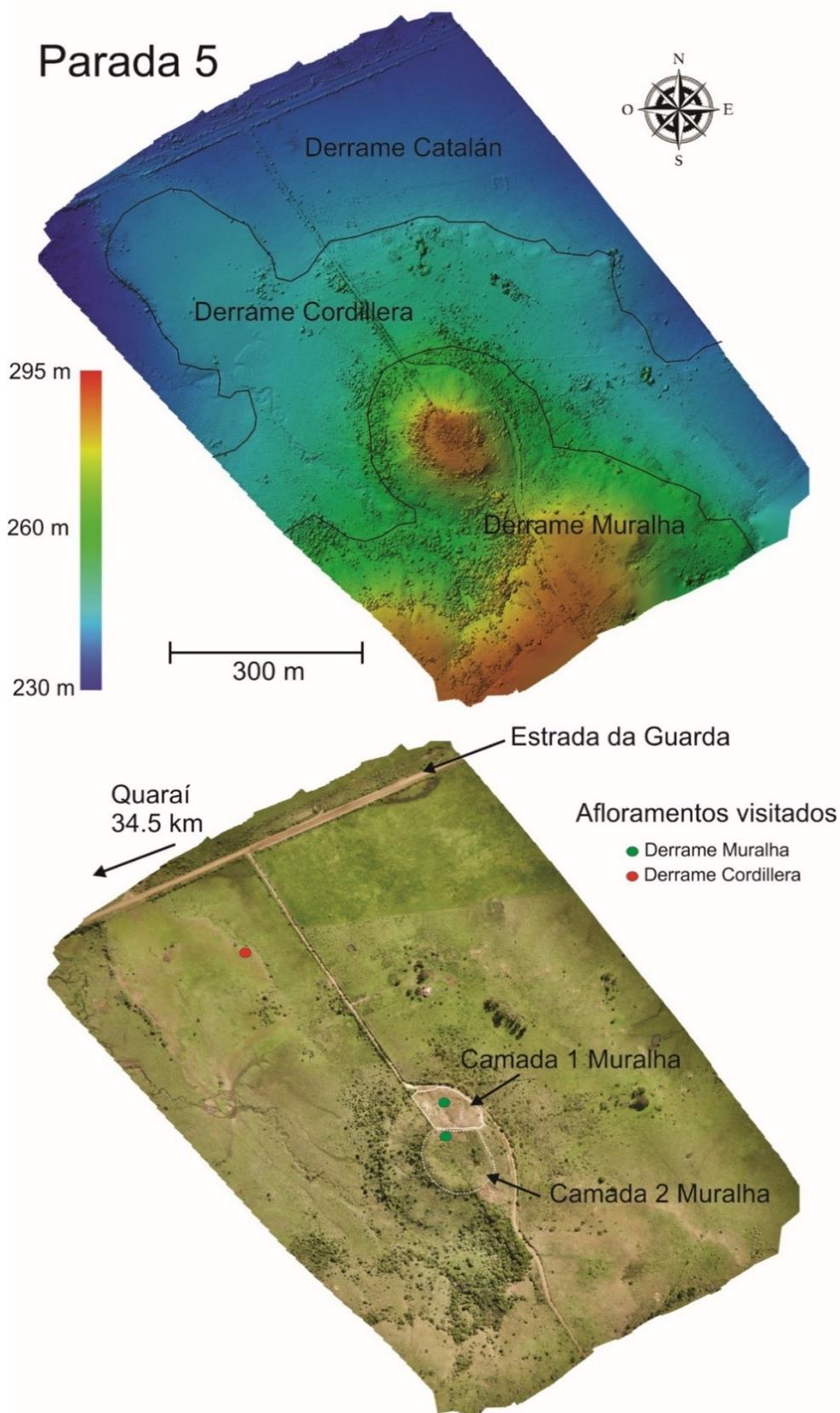
Na rótula de acesso ao município de Quaraí pega-se a estrada da Guarda em direção leste por 34,5 km, vira-se à direita por mais 500 m. O objetivo é um morro testemunho do Derrame Muralha de estrutura circular com 250 m de diâmetro (Figura 14) com uma cota variando de 240 a 280 m. A elaboração de um ortomosaico e um MDE possibilitou a identificação detalhada dos limites do Derrame Cordillera, camada 1 e camada 2 do Derrame Muralha (Figura 15).



**Figura 13.** Em (A) blocos decimétricos a centimétricos da camada 1 do Derrame Cordillera no início do perfil, ocorrência da camada 1 do Catalán na drenagem e novamente blocos da camada 1 do Derrame Cordillera. Em (B e D) detalhe da ocorrência de ágatas espalhadas no terreno entre a camada 1 do Derrame Cordillera e a camada 1 do Derrame Catalán. Em (C) lajeados no leito da drenagem da camada 1 do Derrame Catalán e ao fundo na subida do relevo a ocorrência de blocos da camada 1 do Derrame Cordillera.



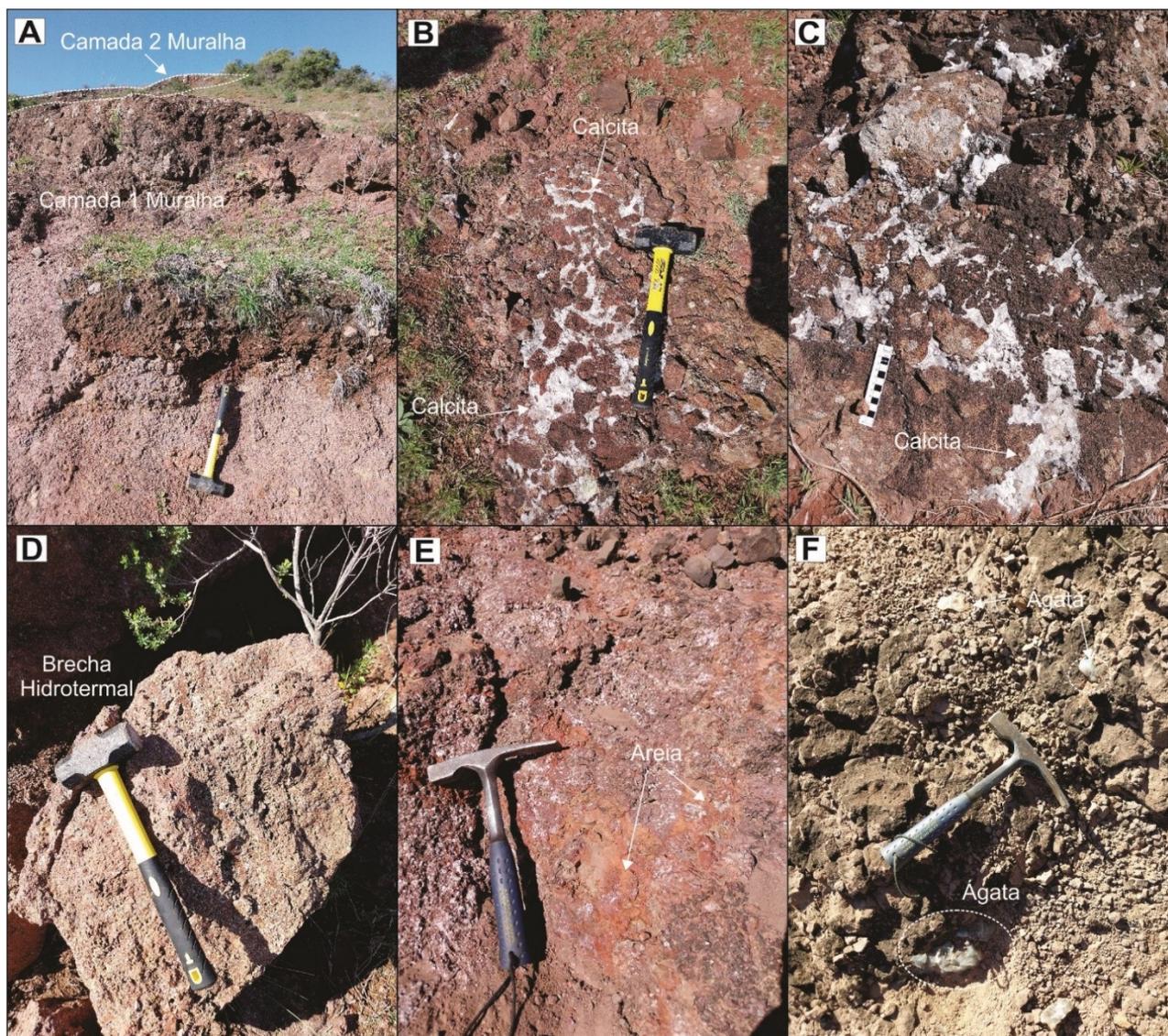
**Figura 14.** Imagem de satélite mostrando as áreas de paradas 5 e 6.



**Figura 15.** MDE e ortomosaico da parada 5 mostrando os Derrames Cordillera e Muralha.

Na cota 240 são encontrados pequenos blocos do Derrame Cordillera no acesso da estrada. A base do morro é composta por intenso hidrotermalismo, caracterizada pela camada 1 (Figura 16A) com ocorrência de veios de calcita centimétricos (Figura 16B e C), brecha hidrotermal com percolação de areia no andesito basalto (Figura 16D e E). A camada 1 possui coloração variando de cinza a violeta nas porções mais rochosas

e cinza claro nas zonas mais alteradas (solo fragmentado). Na porção superior da camada 1 (14 m de espessura), foram identificadas ágatas in situ com tamanhos centimétricos (Figura 16F). Acima desta camada, sem ocorrência de hidrotermalismo, aflora o Derrame Muralha em disjunções colunares caracterizado como camada 2, com espaçamento decimétrico nos últimos 3 m do topo.

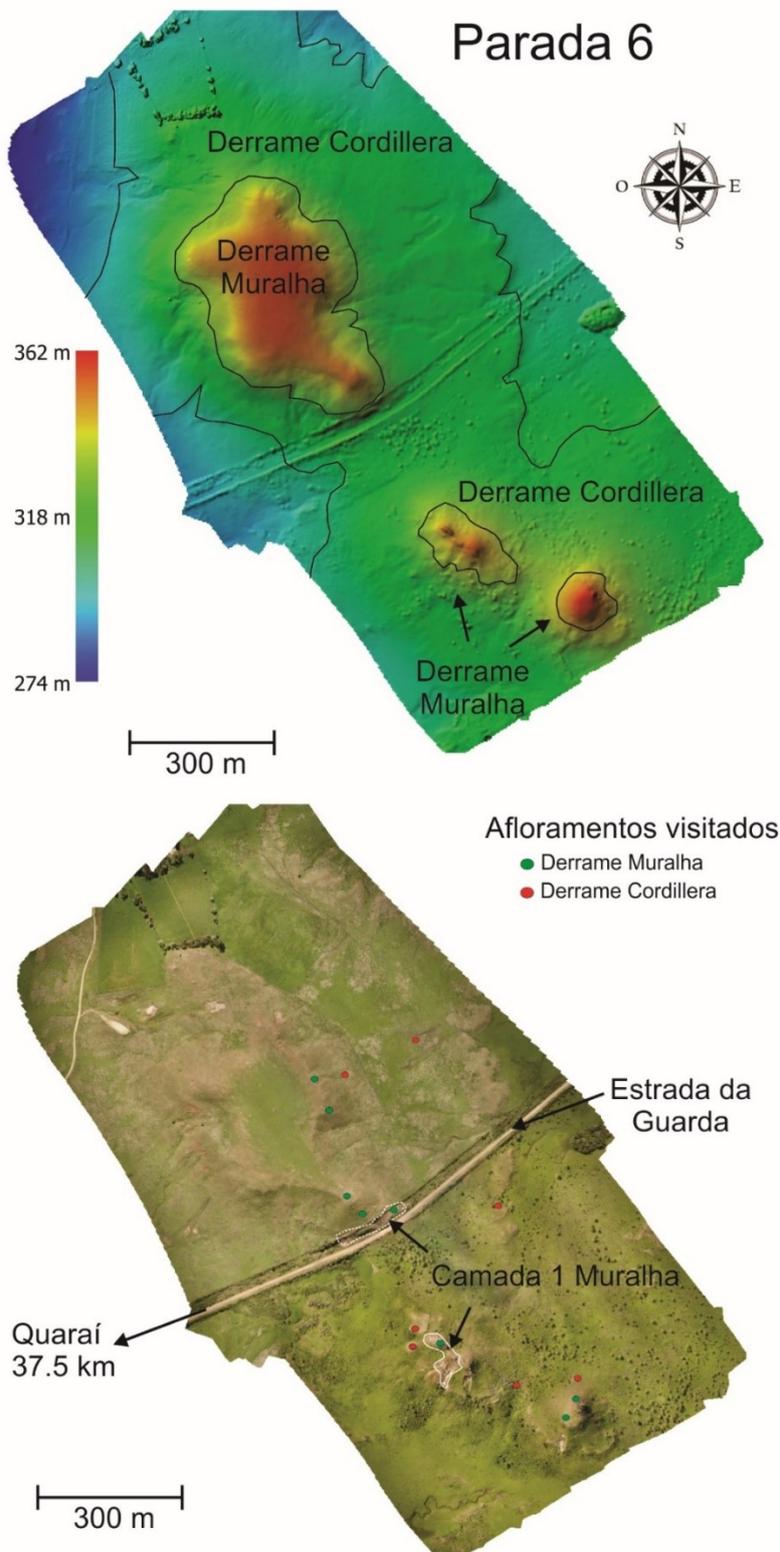


**Figura 16.** Em (A) afloramentos da camada 1 e camada 2 do Derrame Muralha. Em (B e C) detalhe dos cristais de calcita na camada 1 do Muralha. Em (D) blocos de brecha hidrotermal muito vesicular. Em (E) injeções de areia e calcita na zona brechada. Em (F) ocorrência de ágatas centimétricas in situ na camada 1 do Derrame Muralha.

## Parada 6 – Derrames Cordillera e Muralha

Saindo da parada 5 em direção a leste por mais 3 km encontram-se três morros testemunhos, sendo dois à direita e um à esquerda na estrada da Guarda

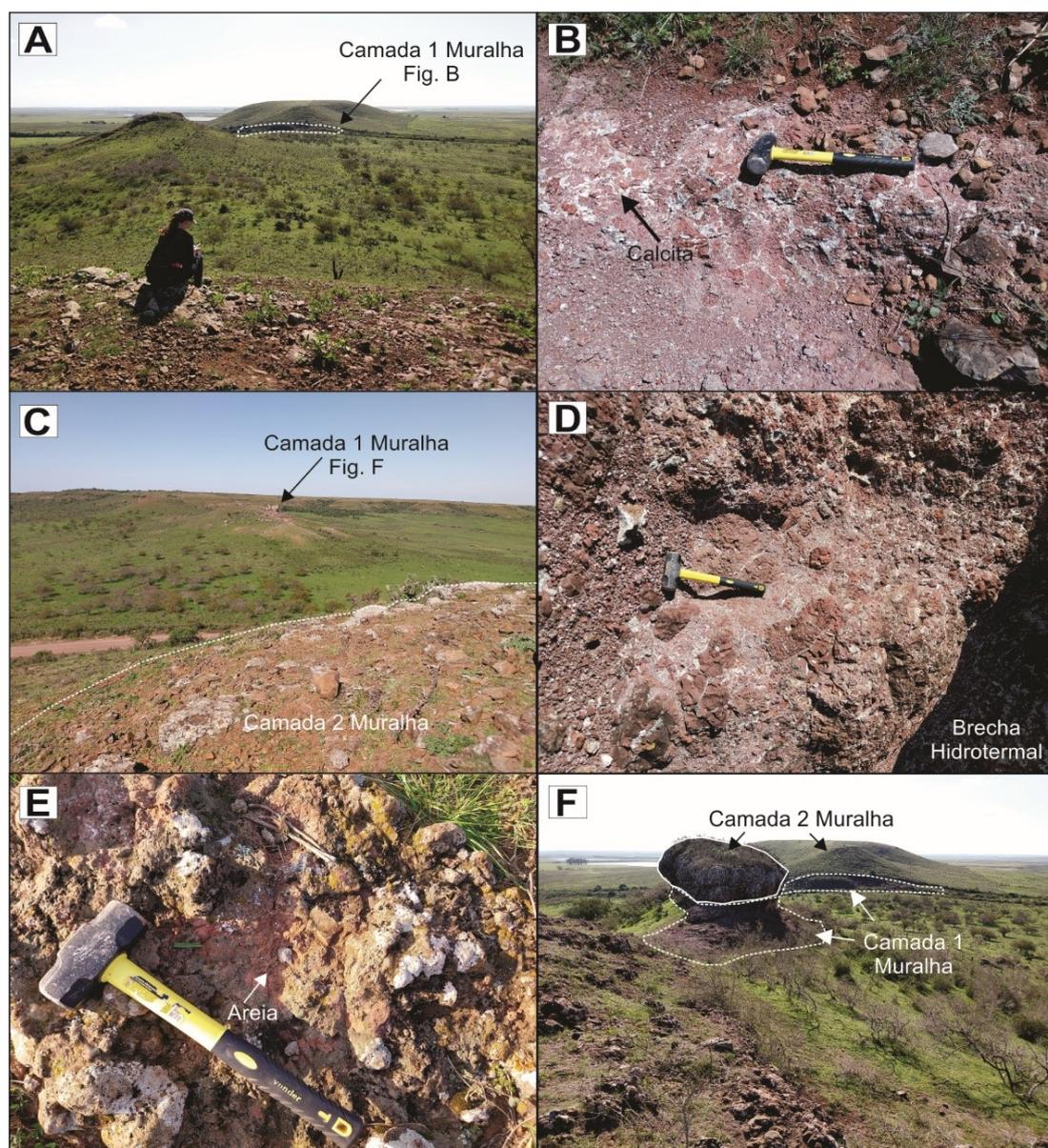
(Figura 14). Fotografias aéreas foram adquiridas para o detalhamento da região no qual possibilitou a delimitação dos contatos do Derrame Cordillera e as camadas 1 e 2 do Derrame Muralha (Figura 17).



**Figura 17.** MDE e ortomosaico da parada 6 mostrando os Ferrames Cordillera e Muralha.

O morro ao lado esquerdo, possui na sua base a camada 1 com veios de calcita (Figura 18A e B) e com 12 m de espessura. Na parte superior, são encontrados pequenos blocos e lajeados com disjunções colunares (camada 2) remanescentes (Figura 18C) com altitude máxima de 304 m. Os morros do lado direito da estrada da Guarda (Figura 18C) afloram uma porção significativa da camada 1 na sua base. São encontrados veios de calcita e brechas hidrotermais com injeções de areia (Figura 18D e E).

Na parte superior do derrame, camada 2, afloram a rocha inalterada com preservação das estruturas magmáticas como disjunções colunares com espessura de 3 m e altitude de 283 m (Figura 18F). O Derrame Cordillera ocorre ao redor do Derrame Muralha em cotas que variam entre 270 e 250 m. Mostram-se em pequenos blocos decimétricos a centimétricos na encosta dos morros a lajeados de no máximo de 20 m<sup>2</sup> nas altitudes mais baixas.

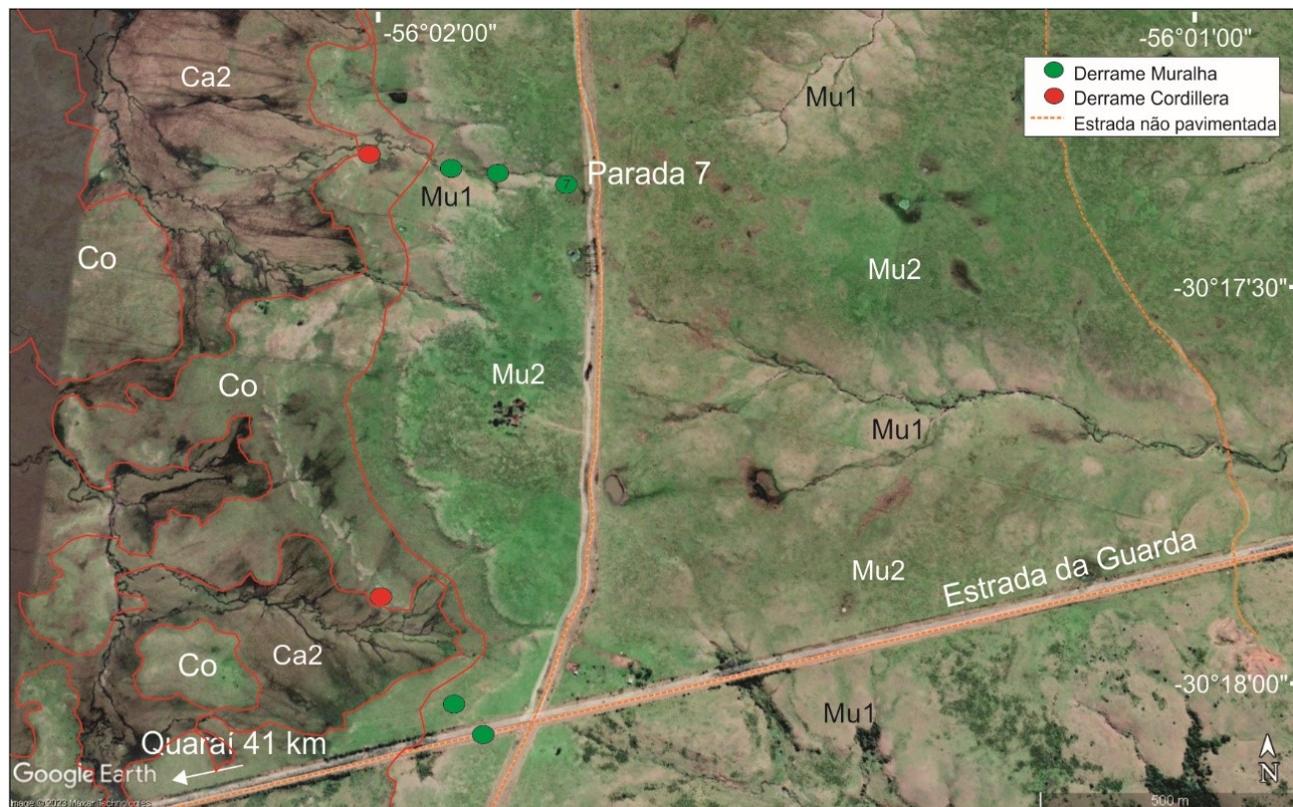


**Figura 18.** Em (A e B) base do morro composto por afloramentos da camada 1 do Derrame Muralha com cristais de calcita. Em (C) foto do lado oposto de (A) mostrando a camada 1 e camada 2 do Derrame Muralha. Em (D) brecha hidrotermal e cristais de calcita da camada 1 da foto (C). Em (E e F) ocorrência de injeções de areia na camada 1 logo abaixo da camada 2 do derrame Muralha.

## Parada 7 – Derrames Cordillera e Muralha

Continuando pela estrada da Guarda em direção leste por mais 4 km (Figura 19) encontra-se em corte de estrada afloramento do Derrame Muralha

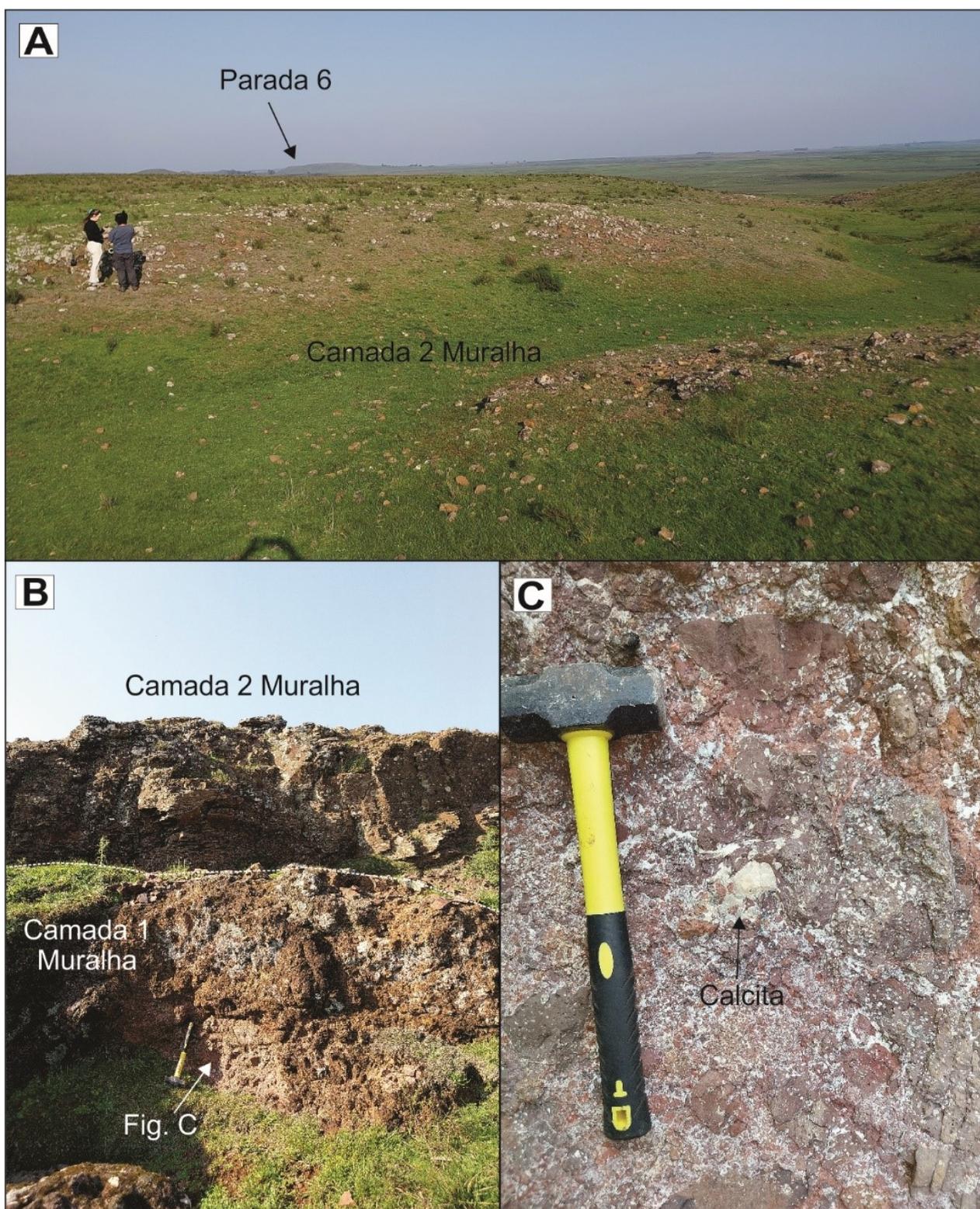
(camada 2) com 2 m de altura por 30 m de comprimento mostrando as disjunções colunares na altitude de 261 m. Em seguida pega-se à esquerda no cruzamento por mais 1,2 km iniciando o perfil à esquerda (Figura 19).



**Figura 19.** Imagens de satélite do Google Earth a área da parada 7. Derrame Muralha: Mu2 – camada 2 e Mu1 – camada 1. Derrame Cordillera: Co. Derrame Catalán: Ca2 – camada 2.

O perfil inicia com blocos e pequenos lajeados do Derrame Muralha (Figura 20A). À medida que descemos a estratigrafia do derrame é possível observar as disjunções colunares (camada 2) na parte centro superior do derrame (Figura 20B) e logo abaixo a camada 1, mais espessa composta por

brechas hidrotermais, amígdalas e cristais de calcita (Figura 20C). No final do perfil são encontrados blocos do Derrame Cordillera métricos a decimétricos formando uma borda ao redor do derrame Muralha na altitude de 237 m mostrado na Figura 19.

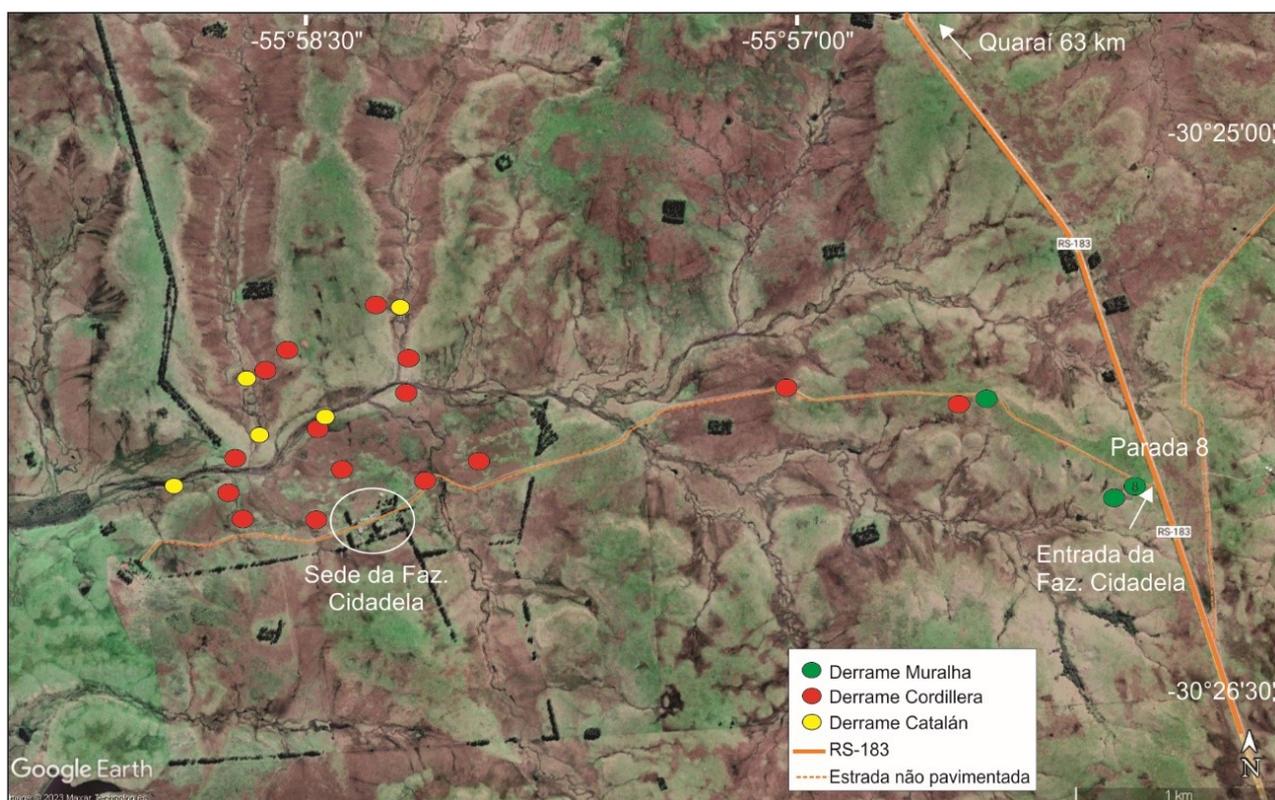


**Figura 20.** Em (A) camada 2 do Derrame Muralha. Em (B) camada 1 e 2 do Derrame Muralha. Em (C) cristais de calcita na camada 1 do Derrame Muralha.

### **Parada 8 – Derrames Catalán, Cordillera e Muralha**

Continuando a leste pela estrada da Guarda por 5,3 km pega-se à direita na

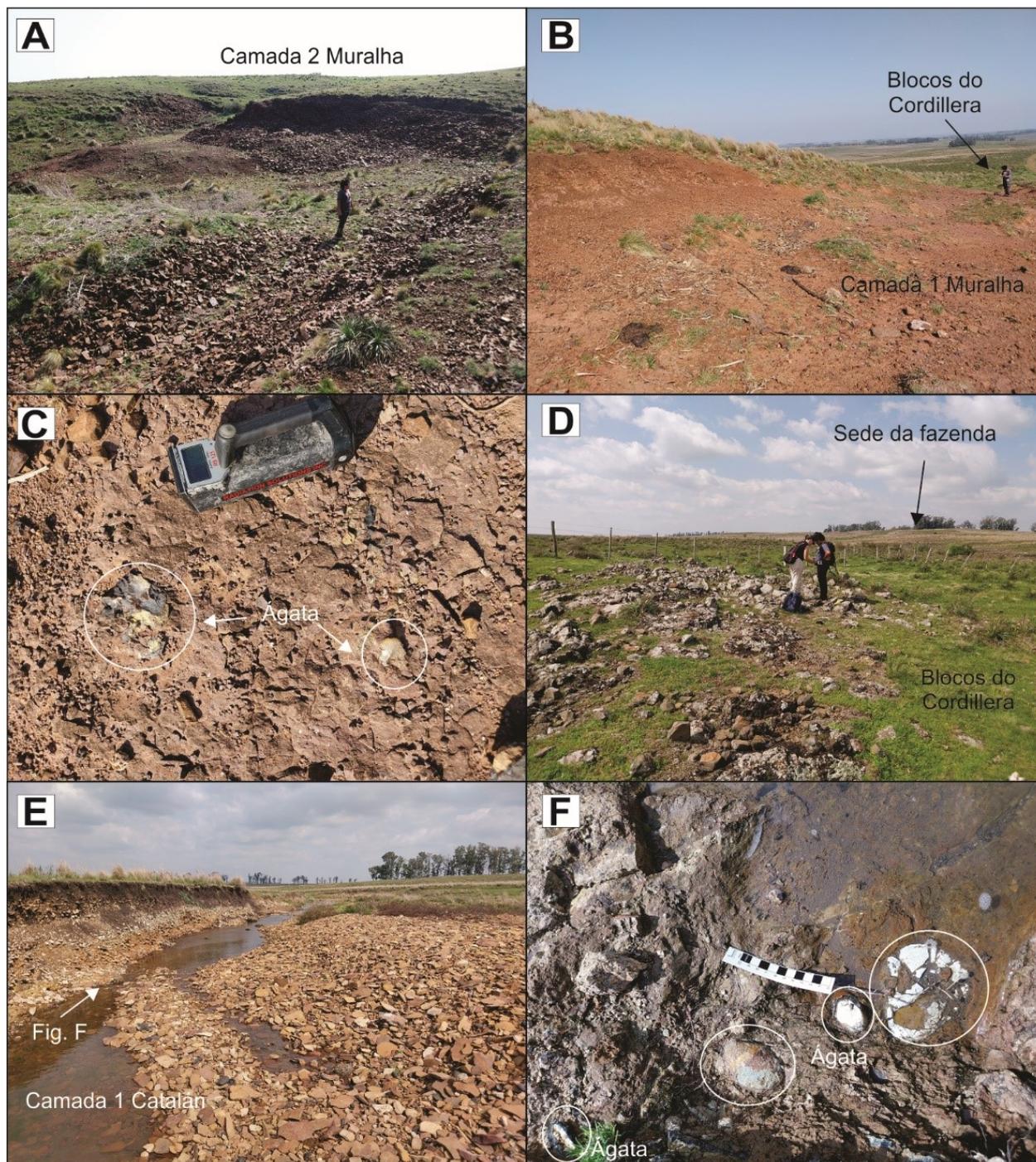
RS-183 em direção sul por mais 16,3 km até a entrada da Fazenda Cidadela (Figura 21).



**Figura 21.** Imagem de satélite mostrando a parada 8 e a ocorrência dos Derrames Catalán, Cordillera e Muralha.

Esta parada é caracterizada por mostrar um perfil composto pelo Derrame Muralha no início da entrada da fazenda em direção a sua sede, passando pelo Derrame Cordillera e por fim nas proximidades da sede, afloramento em leito de drenagem do Derrame Catalán. O Derrame Muralha pode ser visualizado em pequenos blocos em altitudes de 270 m. A camada 2 do Derrame Muralha é caracterizado por disjunções colunares de 4 m de altura em uma pedra aberta à esquerda da estrada de acesso à sede da fazenda (Figura 22A). Descendo pela estrada por 850 m situa-se a camada 1, com cota inferior em 6 m e espessura em torno de 3 m. A camada 1 possui coloração violeta a marrom claro e ocorrência centimétricas de ágatas in situ (Figura 22B e C). Descendo a estrada por 150 m e uma cota inferior em 10 m encontra-se blocos métricos à

decimétricos do Derrame Cordillera (Figura 22B). Blocos do Derrame Cordillera são predominantes na região da fazenda, contudo, nas proximidades da sede ocorre a exposição da camada 1 deste derrame com formação de solo caolinítico de coloração cinza claro. Nas proximidades da sede da fazenda são encontradas ágatas centimétricas espalhadas sobre os blocos do Derrame Cordillera (Figura 22D). Cerca de 1 km a NW da sede da fazenda foi identificado o Derrame Catalán, porção da camada 1. O Derrame Catalán possui como característica a ocorrência em drenagens de seixos de coloração marrom clara placóides devido ao fraturamento horizontal (Figura 22E). No seu leito, lajeados muito alterados, com ágatas centimétricas a decimétricas in situ na altitude de 190 (Figura 22F).



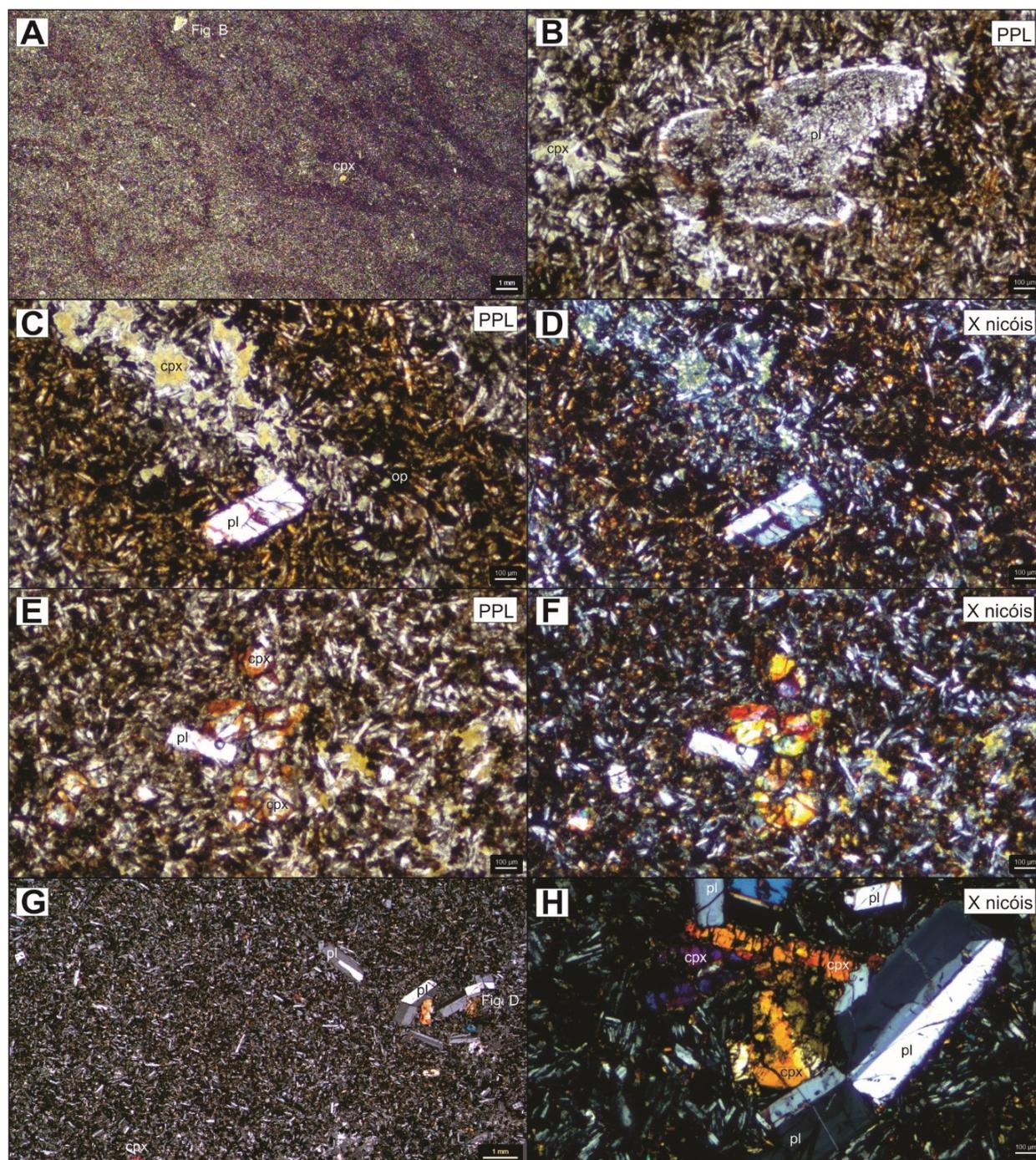
**Figura 22.** Em (A) camada 2 do Derrame Muralha em pedra inativa. Em (B) camada 1 do Derrame Muralha acima de blocos do Derrame Cordillera. Em (C) ágatas in situ na camada 1 do Derrame Muralha. Em (D) afloramento com blocos do Derrame Cordillera. Em (E e F) afloramento alterado da camada 1 do Derrame Catalán com ocorrência de ágatas in situ.

A análise petrográfica da parada 8 é composta por fotomicrografias da camada 1 do Derrame Cordillera e fotomicrografias da camada 2 do Derrame Muralha (Figura 23). A camada 1 do Derrame Cordillera nas proximidades da sede da fazenda Cidadela é caracterizada

por ter uma textura hipocrystalina com ocorrência de microfenocristais de clinopiroxênio e plagioclásio com tamanho máximo de 0,6 mm (Figura 23A e B). O processo de alteração da rocha pode ser observado através da argilização da matriz (Figura 23A), argilização avançada

dos plagioclásios com percolação de hidróxidos de ferro nas fraturas (Figura 23B e C), argilização por completo dos clinopiroxênios e preenchimento das fraturas por hidróxidos de ferro (Figura 23C, D, E e F). A camada 2 do Derrame Muralha é caracterizada por uma textura hipocristalina composta por microfenocristais de clinopiroxênio e

plagioclásio medindo no máximo 1,1 e 0,9 mm, respectivamente (Figura 23G). Os microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênios são parcialmente fraturados com preenchimento por hidróxidos de ferro, ocorrendo zonação oscilatória para alguns cristais de plagioclásio (Figura 23H).



**Figura 23.** Fotomicrografia da camada 1 do Derrame Cordillera e camada 2 do Derrame Muralha da parada 8.

## 5. COMENTÁRIOS FINAIS

A percolação de fluidos quentes oriundos do paleodeserto do Botucatu no Cretáceo inferior conforme Leitzke et al. (2023) e Hartmann et al. (2022) são evidenciados por estruturas nas paleodunas. Estes fluídos interagiram em um processo sistemático de oxidação e redução nos derrames posteriores.

Na porção oeste do Rio Grande do Sul os sedimentos do Botucatu foram encobertos pelos Derrames Catalán e pelos Derrames Mata-Olho de ocorrência escassa, principalmente nas partes de interdunas. Posteriormente, ocorreram os Derrames Cordillera, Muralha (estudados aqui) e os Derrames UR13 e Coxilha. As paradas propostas neste guia de campo abrangem os Derrames Catalán com a identificação da camada 1 (zona redutora, ágatas in situ), camada 2 (zona oxidada, com disjunções colunares, sem ocorrência de ágata) de composição quartzo-andesito; os Derrames Cordillera possuem também a camada 1 (ágatas não identificadas in situ, somente espalhadas no terreno) e camada 2 (oxidada, com disjunções colunares, sem ocorrência de ágata) de composição andesito basalto. O Derrame Muralha possui ágatas in situ na camada 1 e porção oxidada e disjunções colunares na camada 2 de composição andesito basalto.

A utilização escalonada de mapas e imagens orbitais e suborbitais com diferentes resoluções possibilitam atualmente nos estudos geológicos a caracterização interna de derrames e seu mapeamento de detalhe. Portanto, a gênese de formação de ágatas e ametistas pode ser melhor determinada e mapeada com técnicas atuais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo apoio ao

campo. O apoio financeiro para os estudos foi provido pelo Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil – Projeto Universal No. 403556/2021-0, coordenado por Léo A. Hartmann.

## REFERÊNCIAS

- Bergmann, M., Rocha P.G., Sander, A., Parisi, G.N., 2020. Modelo Prospectivo para Ametista e Ágata na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul. CPRM. Avaliação de Recursos Minerais do Brasil. Áreas de Relevante Interesse Mineral – ARIM, 129 p. (in portuguese). De 4 de setembro de 2023: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18795>
- Hartmann, L.A., Wildner, W., Duarte, L.C., Duarte, S.K., Pertille, J., Arena, K.R., Martins, L.C., Dias, N.L., 2010. Geochemical and scintillometric characterization and correlation of amethyst geode bearing Paraná lavas from the Quaraí and Los Catalanes districts, Brazil and Uruguay. *Geological Magazine*, 147, 954–970. <https://doi.org/10.1017/S001675681000592>
- Hartmann, L.A., Pertille, J., Bicca, M.M., Santos, C.B., 2022. Hydrothermal bowls in the giant Cretaceous Botucatu paleoerg. *Brazilian Journal of Geology*, 52(1). <https://doi.org/10.1590/2317-4889202220210058>
- Hartmann, L.A., Cerva-Alves, T., Pinto, V.M., Michelin, C.R., 2023. Geology of the Fronteira Oeste Rift, southernmost Brazil – A Field Guide. *Estudos Geológicos (UFPE)* 32(2), 52-71.

<https://doi.org/10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v32n2p52-71>

Leitzke, F.P., Ronchi, L.H., Urban, C., Hartmann, L.A., 2023. Geological field guide to the Early Cretaceous Inhanduí hotspots and their host Botucatu paleodunes. *Estudos Geológicos (UFPE)* 33(2), 35-54.  
<https://doi.org/10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v33n2p35-54>

Scherer, C.M.S., 2000. Eolian dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in southernmost Brazil: morphology and origin. *Sed. Res.* 137(1-2), 63-84.  
[https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(00\)00135-4](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00135-4)

Scherer, C.M.S., Reis, A.D., Horn, B.L.D., Bertolini, G., Lavina, E.L.C., Kifumbi, C., Goso, C., 2023. The stratigraphic puzzle of the permo-mesozoic southwestern Gondwana: The Paraná Basin record in geotectonic and palaeoclimatic context. *Ea. Sci. Rev.*; <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104397>

Scheider, R. L., Mühlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F., Nogueira, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28. Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre, SBG, v.1, p. 41-65.

Silva, M.A.S., Favilla, C.A.C., Wildner, W., Ramgrab, G.E., Lopes, R.C., Sachs, L.L.B., Silva, V.A., Batista, I.H., Santos, J.O.S., Abram, M.B., Leão Neto, R., Matos, G.M.M., Vidotti, R.M., Ramos, M.A.B., de Jesus, J.D.A., 2004. Folha SH.21-Uruguaiana. In: Schobbenhaus, C., Gonçalves, J.H. (Eds.), Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo,

Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM.

Turner, S., Regelous, M., Kelley, S., Hawkesworth, C.J. & Mantovani, M.S.M. 1994. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 121: 333-348.  
[https://doi.org/10.1016/0012-821X\(94\)90076-0](https://doi.org/10.1016/0012-821X(94)90076-0)