

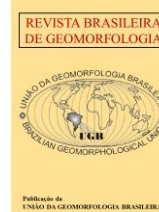


<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 23, n° 3 (2022)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v23i3.2108>



Artigo de Pesquisa

Superfícies geomórficas poligenéticas no contexto das paisagens do oeste paranaense

Polygenetic geomorphic surfaces in the context of the landscapes of western Paraná

Bruno Aparecido da Silva ¹ e Marcia Regina Calegari ²

- ¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós Graduação em Geografia, Francisco Beltrão, Brasil.
brunoborchertesilva@gmail.com.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8310-7097>
- ² Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Departamento de Geografia, Marechal Cândido Rondon, Brasil.
mcalegari@unioeste.br.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2146-7748>

Recebido: 19/03/2021; Aceito: 27/09/2021; Publicado: 01/07/2022

Resumo: Os processos formadores e a evolução de superfícies geomórficas ainda permanecem pouco conhecidos no oeste do Paraná, setor ocidental do Planalto Basáltico da Bacia Sedimentar do Paraná (PBBSP). Assim, o objetivo deste artigo foi identificar e investigar a evolução de superfícies geomórficas na paisagem do extremo oeste paranaense. Perfis de varredura (topográficos) foram elaborados para avaliar interações tecto-litoestruturais/climáticas na elaboração/desmantelamento das cinco superfícies geomórficas identificadas na área do estudo. Trabalhos de campo confirmaram a distribuição das cinco superfícies, presença de perfis de intemperismo, dissecação do relevo e arranjo litoestrutural. As superfícies S1, 780-625 m de altitude, e S2, 625-460 m, apresentaram formas planas e solos profundos (Latosolos Vermelhos férricos). A superfície S3 (460-370 m) é composta de solos profundos (Latosolos e Nitossolos Vermelho férricos) e rasos (Cambissolos Háplicos e Neossolos Regolíticos e Litólicos). As superfícies S4 (370-290 m) e S5 (290-180 m) ocorreram nos setores rebaixados da paisagem e são recobertas por formações superficiais possivelmente associadas ao dismantelamento das superfícies S1, S2, e S3. A formação e evolução das cinco superfícies geomórficas esteve atrelada à diferenciação litoestrutural dos membros litológicos do Grupo Serra Geral, atuação tectônica mediante à reativação de falhas e perturbação da rede de drenagem (mudança do nível de base), processos de *etching/stripping* e recuo de vertentes. Por fim, a sobreposição de fatores tecto-litoestruturais e climáticos deve ser considerada na poligenia de superfícies geomórficas na paisagem regional do oeste do Paraná.

Palavras-chave: superfícies geomórficas; Planalto Basáltico; controle tectônico; litoestrutur.

Abstract: The formation and evolution processes of geomorphic surfaces remain little known in west Paraná, the western sector of the Basalt Plateau of the Paraná Sedimentary Basin. Thus, the aim of this article was to identify and investigate the evolution of geomorphic surfaces on the landscape of the extreme west of Paraná. Swath profiles were elaborated to evaluate tecto-lithostructural/climatic interactions in the development/dismantling of five geomorphic surfaces identified in the study area. Field work confirmed the distribution of the five surfaces, the presence of weathering profiles, relief dissection, and the lithostructural arrangement. Surfaces S1, at an altitude of 780-625 m, and S2, 625-460 m, are flat with deep soils Ferralsols. Surface S3 (460-370 m) is composed of Ferralsols and Nitisols, in the flat sections, and Cambisols, Leptsols and Regosols in the dissected sections. Surfaces S4 (370-290 m) and S5 (290-180 m) occur on lowered sections of the landscape and are overlaid by surface formations possibly associated with the dismantling of surfaces S1, S2, and S3. The formation and evolution of the five geomorphic surfaces was linked to the lithostructural differentiation of lithological members of the Serra Geral group, tectonic action through fault reactivation and drainage network disturbance (change in base level), etching/stripping processes, and

backwearing. Finally, the overlap of tecto-lithostructural and climatic factors should be considered in the polygenesis of geomorphic surfaces on the regional landscape of western Paraná.

Keywords: Geomorphic surface; Basalt Plateau; tectonic control; lithostructure

1. Introdução

As unidades de paisagem no Estado do Paraná apresentam variações regionais (KAMINO et al., 2019; PAISANI et al. 2019), por vezes condicionadas pela tectônica (MILANI, 2004; PEYERL et al., 2018; PINTO; VIDOTTI, 2019; SALAMUNI et al., 2003), litologia (LIMA; BINDA, 2013; LIMA; FLORES, 2017; STEVAUX; LATRUBESSE, 2010) e intemperismo geoquímico e pedogênese (CAMPODONICO et al., 2019; FUMIYA et al., 2019; PAISANI et al., 2008; 2013; RIFFEL et al., 2015, 2016). Na região oeste do Paraná, as paisagens inseridas no Planalto Basáltico da Bacia Sedimentar do Paraná (PBBSP), conforme denominação de Almeida (1956) e MINEROPAR (2013), têm a gênese e evolução pouco compreendidas. Contudo, desde a consolidação do Grupo Serra Geral, no Cretáceo, as paisagens nesse planalto vêm sendo elaboradas (ALMEIDA, 1956; BARTORELLI, 2004; MAACK, 2001; PAISANI et al., 2008; RIFFEL et al., 2016; STEVAUX; LATRUBESSE, 2010).

A evolução das superfícies geomórficas da paisagem brasileira (KING, 1956; BIGARELLA et al., 1965a), recentemente confirmada a partir de datações de perfis de intemperismo, remete a diversos momentos de estabilidade/instabilidade tectônica e climática (RIFFEL et al., 2015; VASCONCELOS et al., 2019). Estudos de natureza diversa, realizados no PBBSP por Ab'Sáber (2000), Bigarella e Andrade (1965), Bigarella et al. (1965b), Kröhling et al. (2014), Lima e Binda (2013), Milani (2004), Paisani et al. (2008; 2013), Palhares et al. (2011), Peyrerl et al. (2018), Pinheiro e Queiroz Neto (2017), Pinheiro et al. (2019), Rabassa et al. (2010), Rabassa e Ollier (2014), Riffel et al. (2016) e Santos et al. (2018b), também demonstraram momentos de estabilidade/instabilidade (tectônica/climática) atuando na evolução deste planalto. Nesse contexto, Kamp e Owen (2013) propõem que as paisagens, e suas formas de relevo e superfícies, são poligenéticas, elaboradas a partir de distintos episódios de equilíbrio/desequilíbrio e escalas de tempo e de intensidade distintas (FAIRBRIDGE; FINKL JUNIOR, 1980; ORME, 2013). Assim, esta perspectiva poligenética, abordada neste artigo, se traduz pela atuação combinada entre fatores tectônicos, litoestruturais e climáticos, até então pouco considerados associativamente na gênese das superfícies geomórficas no contexto do PBBSP.

Silva et al. (2020) fizeram as primeiras descrições de superfícies geomórficas na região oeste do Paraná, partindo da publicação de Paisani et al. (2008), referente a ocorrência de superfícies em elaboração no PBBSP. Apesar de pouco conhecidos os processos envolvidos na evolução das superfícies no oeste paranaense, sabe-se que houve uma significativa mudança do nível de base regional mediante a formação do *canyon* do Rio Paraná, a jusante de Sete Quedas, a partir do Plioceno (ALMEIDA, 1956; BARTORELLI, 2004; MAACK, 2001). E isto teria refletido diretamente na dinâmica dos níveis de bases (UFIMTSEV, 2009) dos tributários do Rio Paraná. Por sua vez, a influência da tectônica e litoestrutura também foi considerada na configuração da paisagem regional nos estudos realizados por Lima e Binda (2013), Lima e Flores (2017), Lima et al. (2019), Milani (2004), MINEROPAR (2013), Peyrerl et al. (2018), Silva et al. (2021) e Stevaux e Latrubesse (2010). De modo que, a evolução dessas superfícies também poderia estar associada ao fator tecto-litoestrutural. A atuação de processos de *etching/stripping*, comumente considerados como protagonistas na evolução das paisagens tropicais e subtropicais (BREMER, 1993; MIGNÓN, 2013; MODENESI-GAUTTIERI et al., 2011; OLLIER, 2014; RABASSA et al., 2010; RIFFEL et al., 2015, 2016; THOMAS, 1989, 1994; TWIDALE, 2002), tem sido discutida na formação das paisagens do PBBSP (PAISANI et al., 2008; RABASSA; OLLIER, 2014; RIFFEL et al., 2016). Além disso, as flutuações climáticas cenozóicas que se sucederam no PBBSP, com destaque para os climas semiáridos que desencadearam processos erosivos intensos (AB'SÁBER, 1969; BIGARELLA; ANDRADE, 1965; BIGARELLA et al., 1965a; 1965b; IRONDO; BRUNETTO, 2016) e o recuo paralelo das vertentes, elencado por diversos autores, como um processo importante na evolução desse planalto (BIGARELLA et al., 1965a; 1965b; KRÖHLING et al., 2014; PINHEIRO; QUEIROZ NETO, 2017).

Diante da necessidade de se estabelecer os processos genéticos das superfícies geomórficas no oeste paranaense, este estudo investiga e busca explicar a evolução dessas superfícies a partir de uma perspectiva poligenética, partindo-se da hipótese de que as superfícies geomórficas teriam sua formação relacionada: (a) os membros litológicos do Grupo Serra Geral (compostos por derrames basálticos tabulares e lobados) que afloram na

região oeste do Paraná, com suas diferenças litoestruturais, condicionariam a elaboração/desmantelamento das superfícies. Com isso, a litoestrutura direcionaria a dissecação das superfícies, com a consequente remoção do manto de alteração (*stripping*) que teria sido formado durante a atuação de processos de *etching*, e facilitaria também o recuo de encostas; (b) a ocorrência de falhas de abrangência regional, assim como a reativação delas, estaria perturbando a drenagem regional, impactando no desmantelamento das superfícies mediante a alteração do nível de base regional dos rios da área do estudo a partir da atuação tectônica.

2. Área de Estudo

A área do estudo, na região oeste do Paraná, abrange os setores da paisagem que são delimitados pelo Rio Piquiri, a norte, Rio Iguaçu, a sul, e pelo Rio Paraná (reservatório da hidrelétrica de Itaipu), a oeste (Figura 1). A litologia da área é formada por derrames basálticos tabulares maciços, lobos tabulares e derrames lobados vesiculares, com idades que variam entre $138,4 \pm 1,3$ e $126,8 \pm 2,0$ Ma (STEWART et al., 1996; THIEDE; VASCONCELOS, 2010).

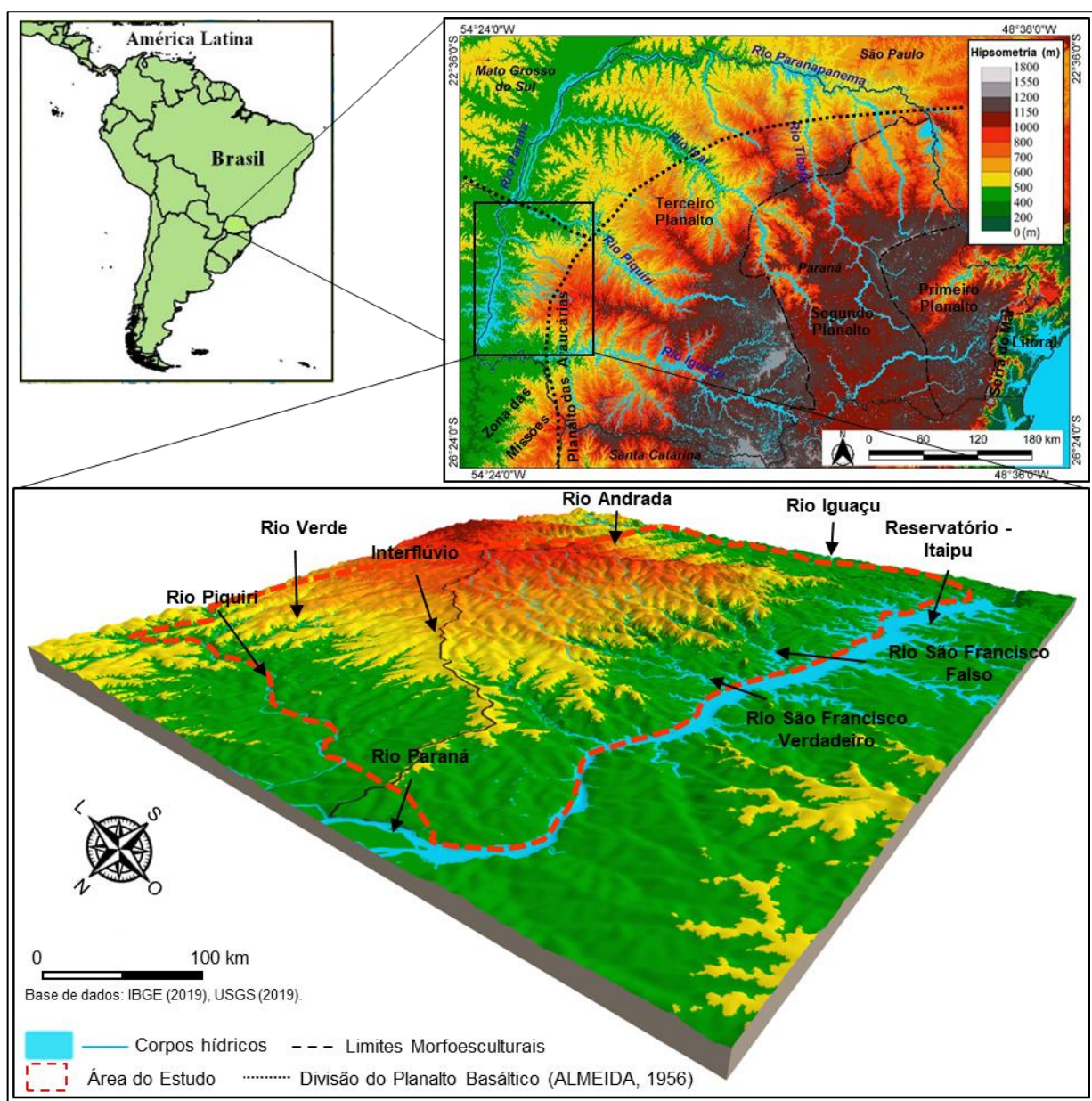


Figura 1. Localização da área do estudo no contexto do oeste do estado do Paraná.

Na área do estudo afloram cinco distintos membros litológicos pertencentes ao Grupo Serra Geral (MINEROPAR, 2013). O Membro Cantagalo (Formação Barracão) aflora nos setores acima de 800 m de altitude, limite leste da área do estudo, e é composto por derrames lobados vesiculares. Composto também a Formação Barracão, derrames tabulares com intercalações de brecha hidrovolcanoclástica, do Membro Flor da Serra do Sul, ocorrem entre 800 e 640 m. Sotopostos à esta litologia, afloram os derrames tabulares de basalto maciço, com intercalações isoladas de lobos vesiculares, referente ao Membro Toledo (Formação Cascavel), entre as cotas 700 e 400 m. O Membro Santa Quitéria (Formação Cascavel), que é uma das sequências intermediárias de derrames de basalto vesicular e intercalações de brecha hidrovolcanoclástica, com intercalações isoladas de lobos tabulares, aflora entre 520 e 370 m. O Membro Foz do Iguaçu (Formação Cascavel), sequência basal de derrames tabulares de basalto, com intercalações isoladas de lobos vesiculares e hidrotufo, aflora às margens dos rios Paraná e Iguaçu.

O relevo da área do estudo é caracterizado por formas planas a forte onduladas (BADE et al., 2016; SANTOS et al., 2006), sendo dissecadas pelos afluentes da margem esquerda dos rios Paraná e Piquiri, e afluentes da margem direita do Rio Iguaçu. De forma geral, a rede de drenagem apresenta padrão dendrítico a subdendrítico, localmente subretangular (SILVA; CALEGARI, 2019). O tipo climático atual é o Cfa, subtropical de verão quente, temperaturas médias anuais que variam entre 18 e 22°C, precipitação média anual entre 1400 e 2000 mm, sem ocorrência de estação seca (PARANÁ, 2013).

Os solos na área do estudo são produtos da intensa alteração do basalto (BHERING et al., 2007), e a diversidade pedológica é reflexo da dinâmica pedogeomorfológica regional (SILVA et al., 2020). Os solos predominantes no extremo oeste do Paraná são classificados como Latossolos e Nitossolos Vermelhos férricos, Cambissolos Háplicos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos (SANTOS et al., 2018). A vegetação característica da região é a Floresta Estacional Semidecidual e Ombrófila Mista (IBGE, 2012). O uso e cobertura da terra é predominantemente agrícola, voltado para a produção de grãos (soja e milho).

3. Materiais e Métodos

Dados geoespaciais de geologia (MINEROPAR, 2013), hidrografia (CPRM, 2019) e de Modelo Digital de Elevação do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (USGS, 2019) foram descarregados num banco de dados geográfico para edição e elaboração de mapas temáticos. A edição e elaboração cartográfica ocorreu em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) *QGIS* 3.10 e *ArcGIS* 10.4, sendo este último disponibilizado pelo Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento do Departamento de Geografia da Unioeste – *Campus* de Marechal Cândido Rondon. Informações sobre alinhamento do Rio Iguaçu (WILDNER et al., 2006), falhas da Bacia Sedimentar do Paraná (MILANI, 2004), assim como falhas transcorrentes (SILVA et al., 2021), e a rede de drenagem foram inseridas ao mapa de geologia. Os produtos gerados subsidiaram a análise morfológica do relevo e a identificação e delimitação das superfícies geomórficas na área do estudo.

A partir da manipulação do arquivo matricial do SRTM, no software *QGIS* 3.10, foi recortada a área de interesse e foram elaborados perfis de varredura (topográficos) que permitiram analisar o estado de equilíbrio da paisagem no longo prazo, em resposta aos processos tectônicos e geomórficos (PÉREZ-PEÑA et al., 2017). Foram gerados perfis de varredura transversais à margem esquerda dos rios Piquiri e Paraná e à margem direita do Rio Iguaçu, e um perfil topográfico longitudinal a partir da borda do PBBSP (a leste) em direção à calha do rio Paraná (a oeste), cada perfil com largura de 7 km. Os perfis foram elaborados por meio da ferramenta *SwathProfiler*, a partir da manipulação dos dados de SRTM no *ArcGIS* 10.4 (PÉREZ-PEÑA et al., 2017). As elevações máximas (máx.) e mínimas (mín.) do perfil sugerem as variações topográficas da paisagem na direção perpendicular ao perfil de varredura. Segundo Pérez-Peña et al. (2017), em áreas estáveis, todas as linhas do perfil de varredura se fundem. Por outro lado, variações mais amplas de perfis de varredura serão associadas a paisagens altamente dissecadas e expostas a alta incisão e/ou soerguimento. A cada perfil de varredura foi inserida a linha da superfície atual. Isto permitiu avaliar a diferença média de elevação entre duas superfícies, o relevo geofísico que é, segundo Small e Anderson (1998), uma superfície que conecta os pontos mais altos na paisagem e a própria topografia atual. Isto é, representa o volume ausente da topografia que foi erodida em relação a uma topografia inicial (CHAMPAGNAC et al., 2014).

A partir de trabalhos prévios realizados por Silva et al. (2020), que identificaram superfícies geomórficas em estudo realizado no município de Marechal Cândido Rondon, assim como da análise prévia dos perfis de varredura,

a definição dos limites altimétricos das superfícies geomórficas ocorreu a partir da manipulação dos dados do MDE no QGIS 3.10. As cotas altimétricas foram agrupadas a cada 5 m de altitude, buscando-se detalha de forma mais precisa os intervalos altimétricos de cada superfície. Os intervalos foram agrupados por meio da reclassificação do plano de informação no ArcGIS 10.4, conforme a faixa de abrangência de cada uma das superfícies geomórficas. Um novo arquivo matricial, referente às superfícies geomórficas, foi exportado para o QGIS 3.10 para atribuição da legenda e finalização do layout de impressão. A identificação e delimitação das superfícies geomórficas também consideraram os dados publicados por Kröhling et al. (2014), Paisani et al. (2008), Palhares (2011), Sallun (2007) e Silva et al. (2020), que identificaram remanescentes geomórficos no PBBSP (Tabela 1). Por fim, foram realizados trabalhos de campo para confirmar a ocorrência e os limites das superfícies geomórficas identificadas, os mantos de alteração que recobrem essas superfícies, assim como a relação delas com a litologia da área do estudo.

Tabela 1. Relação das superfícies identificadas no contexto do PBBSP que subsidiaram a identificação de superfícies no oeste do Paraná.

Kröhling et al. (2014)		Paisani et al. (2008)		Palhares (2011)		Sallun (2007)		Silva et al. (2020)	
Paleosuperfícies	(m) ¹	Superfícies	(m)	Superfícies	(m)	Superfícies	(m)	Superfícies	(m)
Sul-Americana 1*	1.277-1.080	Superfície I	1.400-1.301	Superfícies aplainadas	1.110-800	Pd3	> 700	Superfície I	> 460
Sul-Americana 2*	1.080 a 880	Superfície II	1.300-1.201						
Bernardo de Irigoyen**	880-675	Superfície III	1.200-1.101	Superfícies aplainadas	900-700	Pd2	700-500	Superfície II	460-420
Aristóbulo ***	675-490	Superfície IV	1.100-1.001						
Aristóbulo 2***	490-370	Superfície V	1.000-901	Superfícies aplainadas	600-450	Pd1	500-400	Superfície III	420-360
Apóstoles 1****	370-255	Superfície VI	900-801						
Apóstoles 2****	255-165	Superfície VII	800-701						
Apóstoles 3****	165-110	Superfície VIII	700-601	Superfícies aplainadas	300-250	Pd0	300-200	Superfície IV	360-300
		Superfícies em elaboração	< 600						

¹ Cotas altimétricas associadas às superfícies. *Ciclo Sul-Americano (KING, 1956); **Ciclo Sul-Americano e Velhas (KING, 1956); ***Ciclo Velhas (KING, 1956); ****Ciclo Paraguaçu (KING, 1956).

Com a finalidade de demonstrar um possível controle dos membros litológicos do Grupo Serra Geral (MINEROPAR, 2013) na distribuição das superfícies geomórficas, foi verificada a correspondência espacial entre os seus membros litológicos com as cinco superfícies identificadas. Este procedimento foi realizado no ArcGIS 10.4, por meio de tabulação cruzada. Informações sobre a distribuição dos solos e mantos de alteração foram obtidas a partir de dados disponibilizados em EMBRAPA (2018) e Silva e Calegari (2019). Estas informações foram relacionadas com cada superfície geomórfica identificada, tendo em vista compreender a interação entre as superfícies e suas formações superficiais. Por fim, baseado em dados de *paleostress* e da análise morfométrica de rios da região oeste do Paraná (SILVA et al., 2021), buscou-se, também, discutir a influência da reativação de falhas na evolução das superfícies geomórficas da área do estudo.

4. Apresentação dos Resultados

4.1. Distribuição das superfícies geomórficas na paisagem

Na paisagem regional foram identificadas cinco superfícies geomórficas, com base na sua disposição altimétrica. De montante para jusante (Figuras 2; 3), as superfícies estão distribuídas relativamente paralelas ao recuo do *front* erosivo da Serrinha de São Francisco e rios Paraná, Piquiri e Iguaçu.

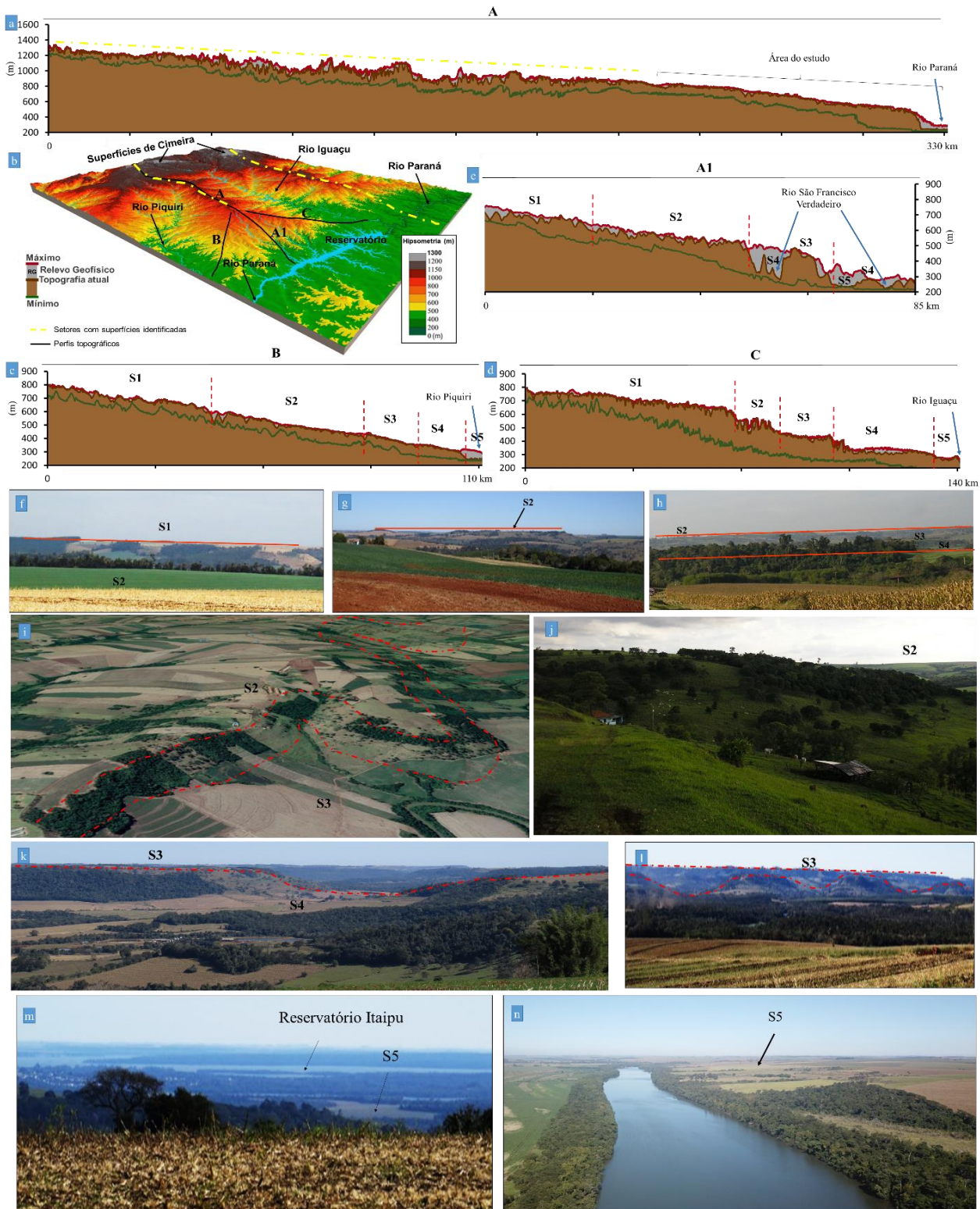


Figura 2. Superfícies geomórficas identificadas na paisagem do extremo oeste do Paraná. (a, c, d, e) Perfis de varredura. (a) Perfil de varredura entre a borda leste do Planalto Basáltico até a calha do Rio Paraná (oeste), juntamente com as correspondentes superfícies geomórficas; linha tracejada em amarelo remete às Superfícies identificadas por Paisani et al. (2008). (b) Localização dos perfis de varredura, linhas tracejadas em amarelo indicam os setores em que foram identificadas superfícies por Paisani et al. (2008) e Kröhling et al. (2014), assim como Superfícies de Cimeira, identificadas por Biffi e Paisani (2018). Considerando a disposição das superfícies identificadas na área do estudo, no contexto do PBBSP, é possível que ocorra uma relação ou continuidade altimétrica com as superfícies relatadas por Paisani et al. (2008) e Kröhling et al. (2014). (f, g, h, i*, j**, k, l, m, n) Registros fotográficos das superfícies geomórficas. (k) Setor de abertura dos vales, setor com amplitude topográfica de 200 m. (l) Serrinha de São Francisco ao fundo. n) Rio Piquiri ao norte da área do estudo. Fonte: *Google Earth; **Acervo de Anderson Santos

A superfície 1 (S1) foi identificada nos setores mais elevados da área do estudo (780 – 625 m), abrangendo também os interflúvios regionais dos rios Piquiri e Iguazu (Figuras 2-b, c, d, e, f; 3-a). As cotas mais frequentes são entre 660 e 630 m de altitude (Figura 3-b). Formas de relevo suave onduladas e a ocorrência predominantemente de Latossolos Vermelhos profundos na S1, com espessuras > 15 m, seriam um indício do maior tempo de evolução dessa superfície. A jusante da S1, a superfície S2 (625 - 460 m) e S3 (460 - 370 m) ocorrem nos setores sul e oeste da área do estudo (Figuras 2-f, g, h, i, j, k, l), setores que são dissecados pelos tributários dos rios Iguazu e Paraná, a transição entre essas superfícies é na forma de degrau (Figura 2-i).

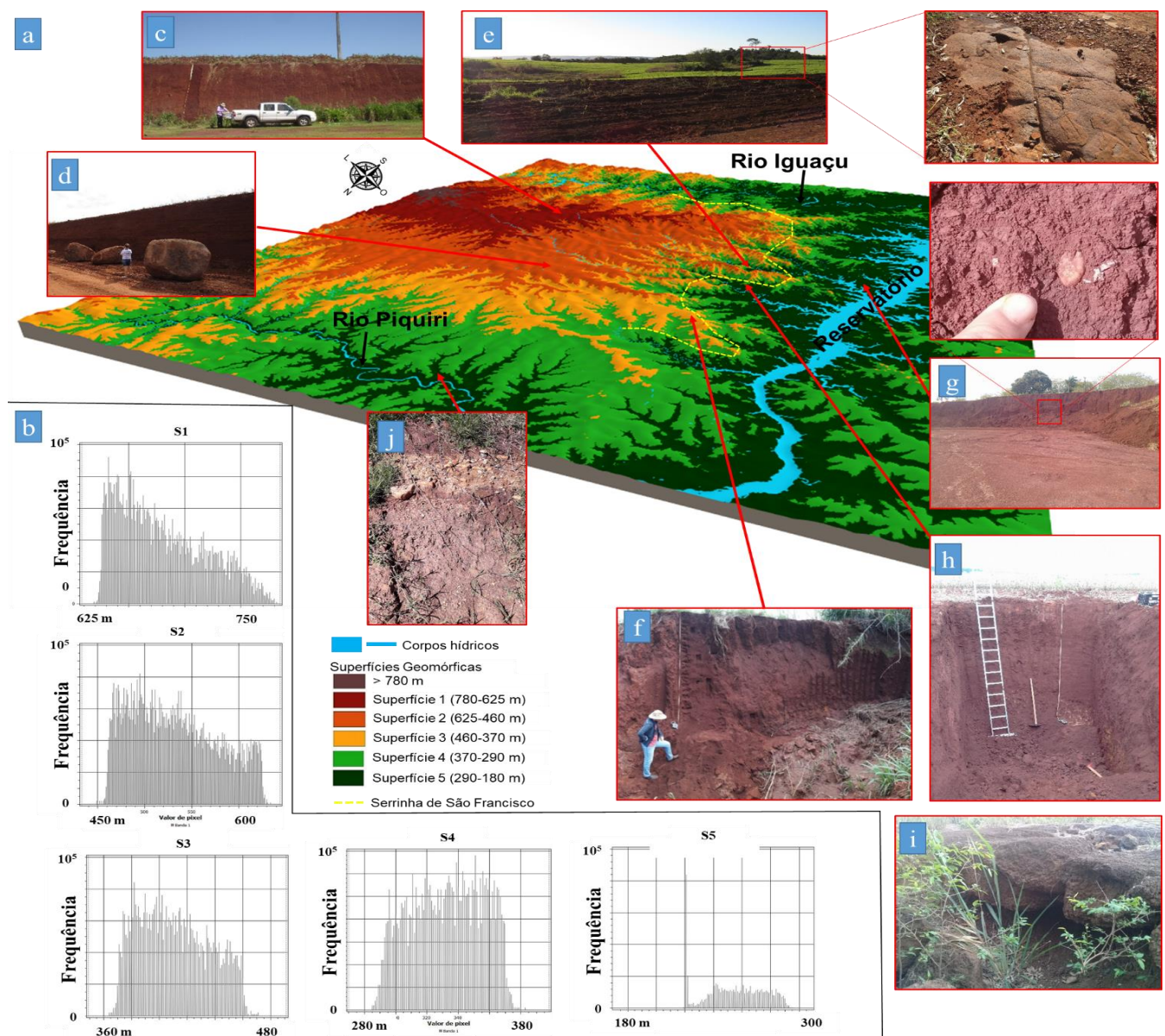


Figura 3. Registro das formações superficiais que recobrem as superfícies no oeste do Paraná. (a) Diagrama em 3D ilustrando a espacialização das superfícies. (b) Histogramas de frequência das cotas altimétricas de cada superfície. (c, d, f, g, h) Perfis de Latossolo Vermelho. (e) Afloramento rochoso (Membro Toledo) no setor de topo da S3, a montante da Serrinha de São Francisco. (g) Detalhe de linha de pedra com seixos indicando materiais de origem alóctone. (h) Na base do perfil foi identificado material parental possivelmente alóctone (seixos arredondados). (i) Crosta laterítica (fundo de vale a jusante da Serrinha de São Francisco), possivelmente de origem detrítica, capeando horizonte Cr. (c) Material aluvial registrado na S5, no limite norte da área do estudo, área de transição com os arenitos da Formação Caiuá.

As cotas mais representativas na S2 são 465 a 545 m e, assim como acontece na S1, os solos são profundos, basicamente Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho. Composto os perfis de intemperismo desta superfície, *corestones* com diâmetros > 2 m (Figura 3-d) ocorrem tanto nesta superfície quanto na S1 e S3. Conforme verificado em campo, a superfície S3 é associada ao aumento da dissecação, exceto para os setores norte da área do estudo, de modo que neste setor ainda ocorrem predominantemente Latossolos profundos (entre 20 e 15 m de profundidade).

Por outro lado, nos setores oeste e sul da área do estudo, a dissecação fluvial é pronunciada (Figuras 2-d, e; 3-e). Com isto, solos menos espessos (Neossolos Litólicos e Regolíticos e Cambissolos Háplicos) predominam ao longo dos setores dissecados pelos tributários dos rios Iguazu e Paraná. Os Latossolos e Nitossolos que ocorrem sobre a S3, nos setores oeste e sul, apresentam espessuras comumente <4 m (Figura 3-f). Formas tabulares, possivelmente feições residuais relacionadas à S2, são encontradas inseridas na S3 (Figura 2-c, g). De modo geral, os perfis de varredura demonstram que o setor oeste da área do estudo está associado às maiores amplitudes topográficas e aumento da dissecação a partir da S3 (Figura 2-e, perfil A1), uma vez que a diferença entre os valores máximos (máx.) e mínimos (mín.) do terreno (perfis A1 e C; Figura 2-d, e) é maior em relação aos setores norte e sul.

A jusante da S3, conforme se verifica nos perfis A1, B e C (Figura 2-c, d, e), o rebaixamento da topografia é generalizado, principalmente nos setores oeste e sul da área do estudo, com amplitude topográfica superior a 200 m de altitude. No caso do setor norte, o rebaixamento do relevo acontece a partir da S5 (Figura 2-c). Esse importante desnível topográfico, relacionado à Serrinha de São Francisco, portanto, separa as superfícies S4 (370 - 290 m) e S5 (290 - 180 m) (Figura 2-k, l, m, n). As cotas mais frequentes na S4 são entre 300 e 350 m, enquanto que na S5, a cota predominante varia entre 210 e 220, margeando os rios Piquiri, Paraná e Iguazu. A S4 é uma superfície associada a altas declividades (>35% de inclinação), com isso, há o predomínio de processos morfogenéticos e a predominância de solos rasos e afloramentos rochosos nesta superfície. A elevada amplitude dos valores da topografia no perfil de varredura confirma a atuação eficiente da dissecação sobre esta superfície, principalmente nos setores oeste e sul. No setor norte, a dissecação é menor, de modo que predominam solos profundos da ordem dos Latossolos e Nitossolos Vermelhos.

A S5 se caracteriza por apresentar relevo com formas planas a suave ondulado (Figura 2-m, n). Essa configuração de relevo, relacionada ao rebaixamento efetivo da topografia, é ilustrada pela baixa amplitude entre os valores máx., mín. e topografia atual nos perfis de varredura A, A1, B e C (Figura 2-a, c, d, e). Expressivas formas residuais permanecem embutidas na S4 e S5 e são o registro do recuo paralelo das formas e consequente abertura dos vales (Figura 2-k, l). Essas feições estão distribuídas e orientadas em concordância com o prolongamento dos interflúvios dos tributários dos rios Paraná e Iguazu, sugerindo uma possível continuidade da superfície S4 em direção à calha dos rios Paraná e Iguazu. Não foram identificadas feições residuais de relevo no setor norte da área do estudo. Ao longo da S5 predominam os Latossolos profundos, por vezes relacionados a materiais parentais com indícios de transporte (Figura 3-g), assim como materiais lateríticos, com possível origem detrítica (Figura 3-i), frequentemente identificados nos fundos de vales achatados da superfície S5. Somente nesta superfície foram encontrados indícios de materiais transportados inseridos nas suas formações superficiais.

4.2. Superfícies geomórficas e a geologia

A partir da espacialização das informações de geologia e comparadas à distribuição espacial das superfícies geomórficas, é possível verificar que há concordância entre os membros litológicos e a disposição de falhas de orientação NE-SW, mapeadas por Milani (2004) e MINEROPAR (2013) com os limites das superfícies (Figura 4). Por outro lado, as superfícies S3, S4 e S5 se desenvolvem sobre membros litológicos distintos (tabulares e lobados), aparentemente não seguindo um controle litológico específico (Figura 4-a, b, d). No caso da imposição tectônica, o alinhamento regional entre as Cataratas do Rio Iguazu e a anomalia de drenagem do Rio Piquiri corresponde

especialmente com a distribuição da Serrinha de São Francisco, ambos com orientação NE-SW (Figura 4-a), e longitudinalmente aos tributários dos rios Piquiri e Iguazu, na área do estudo. Adicionalmente, o dismantelamento das superfícies geomórficas (S3 e S4), no setor oeste da área do estudo, parece ter sido mais efetivo ao longo desse alinhamento NE-SW. Por outro lado, a disposição longitudinal do alinhamento do Rio Iguazu (NW-SE), em relação à drenagem tributária do Rio Paraná (Figura 4-a), parece comandar o dismantelamento das superfícies geomórficas.

Os valores mais elevados de concordância espacial entre litologia e superfícies geomórficas (Figura 4-d) são observados nos locais onde as superfícies se sobrepõem à litologia tabular dos membros Toledo e Foz do Iguazu. No caso da superfície S1, esta se sobrepõe aos membros Flor da Serra do Sul e Toledo (Figura 5-a), respectivamente 40% e 60% da área desta superfície em relação aos membros (Figura 4-c, d). A superfície S2 se associa aos membros Toledo, Santa Quitéria e Flor da Serra do Sul. De modo que, mais de 95% da área da S2 se sobrepõem ao Membro Toledo (derrames tabulares) (Figura 5-b, c, e). A superfície S3 é sustentada pelo Membro Toledo no setor norte da área do estudo, enquanto que nos setores oeste e sul esta superfície se sobrepõe tanto a este membro quanto ao Membro Santa Quitéria. Assim como ocorre para as superfícies S1 e S2, a S3 está associada principalmente ao Membro Toledo, correspondendo em 60% de área. As superfícies S4 e S5 são sustentadas tanto por membros tabulares quanto lobados. No caso da superfície S4, 40% da sua área correspondem ao Membro Toledo no setor norte, 34% correspondem ao Membro Santa Quitéria e 25% ao Membro Foz do Iguazu, nos setores oeste e sul (Figuras 4-b, c; 5-f, j). Por sua vez, a superfície S5 corresponde em 80% de sua área ao Membro Foz do Iguazu (setores oeste e sul), sendo que ao norte, o Membro Santa Quitéria é sotoposto a esta superfície (Figuras 4-c, d; 5-h, i).

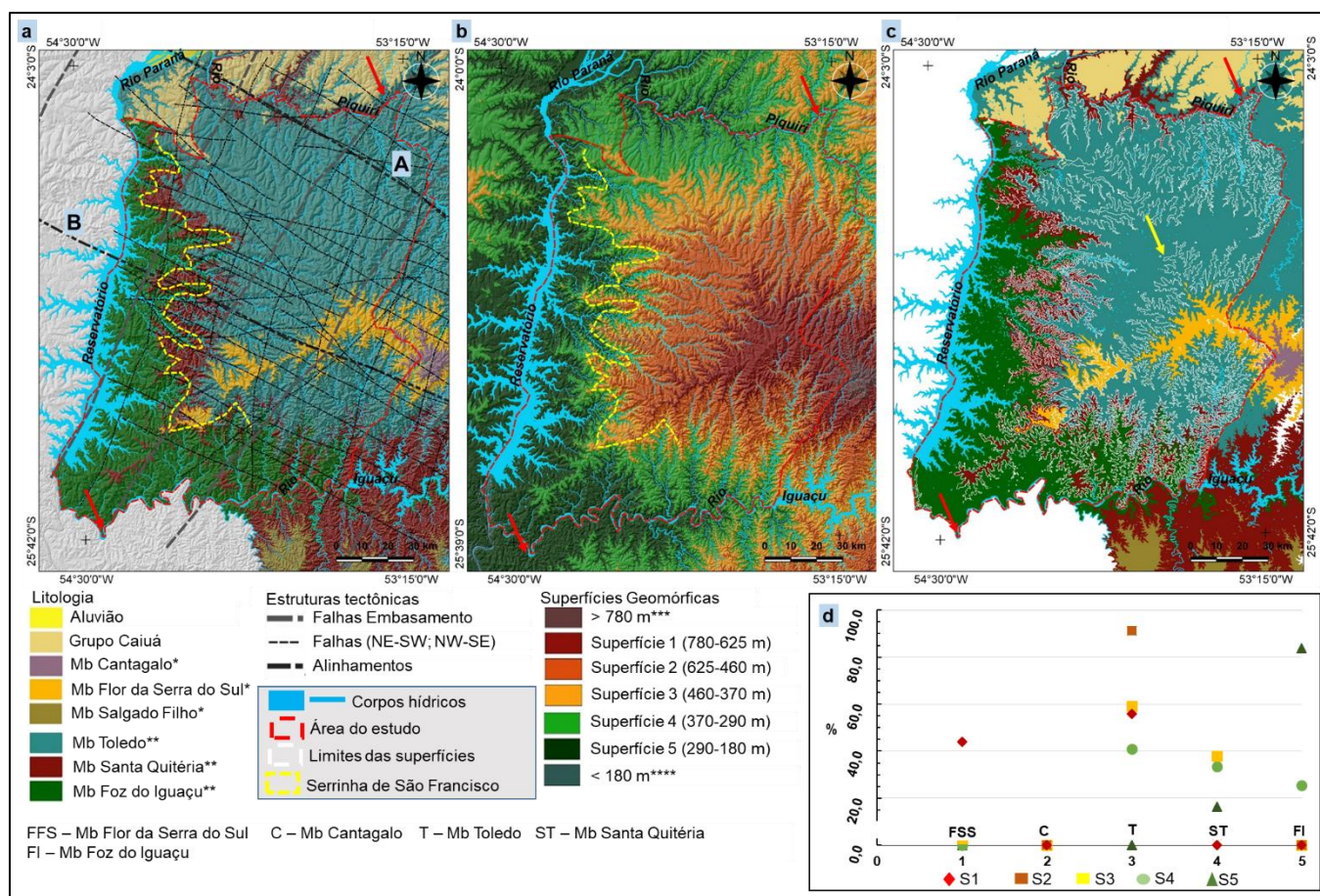


Figura 4. Interação geologia e superfícies geomórficas no oeste do Paraná. (a) Litologia e falhas: A- Alinhamento Rio Piquiri; B- Alinhamento Rio Iguazu; Setas vermelhas - Apertado do Rio Piquiri (ao norte) e Cataratas do Rio Iguazu (ao sul). (b) Superfícies geomórficas. (c) Sobreposição litologia e superfícies; a seta amarela indica o limite das superfícies geomórficas sobrepostas aos membros litológicos. (d) Correspondência espacial entre litologia e superfícies. Estruturas tectônicas: Milani et al. (2004), Mineropar (2013), Silva et al. (2021).

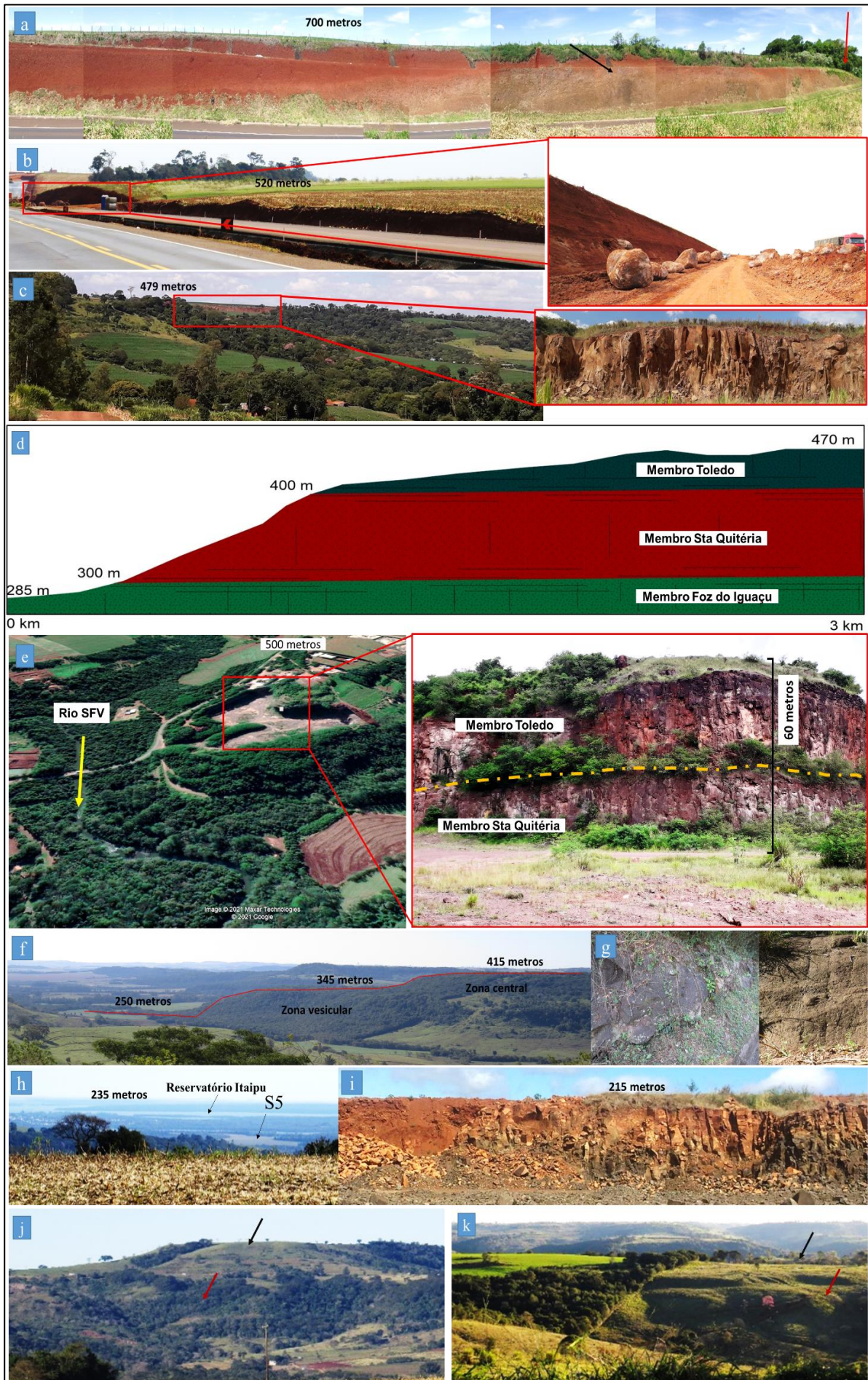


Figura 5. Registros fotográficos das superfícies geomórficas e do substrato litoestrutural. (a) Segmento da S1 cortando a litologia do Membro Flor da Serra do Sul (seta preta: diaclasamento horizontal no derrame basáltico, em avançado estágio de alteração, sob Latossolo com 7 m de espessura; seta vermelha: canal de 1ª ordem desmantelando a S1). (b) S2 e Latossolo com 14 m de espessura *corestones* com diâmetro de 6 m originados a partir da atuação do intemperismo geoquímico sobre os derrames basálticos do Membro Toledo. (c) S2 (topo) e S3 (a jusante). No detalhe, litoestrutura do Membro Toledo que sustenta a S2. (d) Diagrama representando a sobreposição dos Membros no setor de *front* erosivo (a inclinação das camadas foi desconsiderada). (e) Entalhe fluvial (410 m de altitude) é efetivo sobre litologia vesicular, enquanto que a litologia maciça (Membro Toledo, a 500 m de altitude) exerce um papel capeador sobre a litologia vesicular. (f) *Front* erosivo relacionado ao desmantelamento das superfícies geomórficas S3 (a montante) e S4 (a jusante) e a conseqüente formação da S5 (lado esquerdo). (g) Derrames vesiculares do Membro Santa Quitéria que sustenta a S4. (h) S5 em segundo plano. (i) Litoestrutura do Membro Foz do Iguaçu que sustenta a S5. (j) Serrinha de São Francisco: Membros Toledo (seta preta) Santa Quitéria (seta vermelha). (k) Desmantelamento da superfície sobre o Membro Toledo.

5. Discussão

Diante dos resultados apresentados, juntamente com dados da literatura corrente, busca-se discutir neste tópico os processos que teriam atuado na evolução das cinco superfícies geomórficas identificadas neste estudo na região oeste do Paraná. É possível relacionar a formação e evolução das superfícies ao arranjo espacial e a configuração litoestrutural dos membros litológicos do Grupo Serra Geral, juntamente com os processos de *etching*, conforme se verifica a partir da presença de profundos perfis de solos, da atuação tectônica por meio da reativação de falhas que ocorrem na área do estudo e favorecendo a dissecação e remoção dos mantos de alteração (*stripping*), ao recuo paralelo das vertentes, principalmente nos setores dos tributários dos rios Iguaçu e Paraná. Nesses setores, o Membro Toledo capeia o Membro Santa Quitéria, formando um extenso *front* de erosão remontante. Adicionalmente, discute-se a influência do rebaixamento do nível de base do Rio Paraná que contribuiu para o desmantelamento das superfícies identificadas no contexto do oeste paranaense (Figura 6).

Primeiramente, a litoestrutura atuaria no controle da elaboração das superfícies geomórficas, uma vez que foram identificados na região quatro distintos membros litológicos (sucessão vertical de derrames tabulares-lobados), indicando um controle diferencial na evolução geomórfica da área do estudo. Contudo, por vezes, a dissecação do relevo também atua indiscriminadamente, removendo tanto litologia maciça quanto vesicular, como se verifica nas superfícies S3, S4 e S5. Diante disso, deve-se atentar para o fato de haver uma alternância vertical entre membros com derrames basálticos predominantemente maciços (tabulares) e/ou vesiculares (lobados) (MINEROPAR, 2013). Nesse sentido, Pinheiro e Queiroz Neto (2017) destacaram que a litologia mais resistente retardaria o recuo de amplas encostas e a elaboração do relevo no PBBSP. Essa alternância litológica, com distintas resistências, também, seria responsável pela morfologia escalonada, caracterizada pela ocorrência das cinco superfícies geomórficas na área do estudo, assim como mesetas e platôs, conforme constataram Maack (2001) Palhares et al. (2011) e Salamuni et al. (2002) para o PBBSP.

O Membro Flor da Serra do Sul apresentaria menor resistência à erosão por ser composto de derrames lobados. Por outro lado, o Membro Toledo, composto de derrames tabulares de basalto, predominantemente maciço, mais resistentes ao intemperismo, retardaria as taxas de incisão dos canais e a conseqüente formação e evolução dos vales, conforme sugerido em estudos recentes na região do Planalto Basáltico (LIMA; BINDA, 2013; SORDI et al., 2017; PINHEIRO; QUEIROZ NETO, 2017; STOKES et al., 2008). Considerando também a resistência do Membro Toledo em áreas onde este é composto por derrames maciços, isto é, em mais de 2/3 de sua totalidade (JERRAM et al., 1999; MINEROPAR, 2013), extensos patamares geomórficos se formariam e sustentariam a evolução das superfícies S1, S2 e S3, conforme sugerido pela concordância espacial entre litologia e superfícies (Figura 4-d). Entretanto, nota-se que, na figura 4-d, a superfície S3 está condicionada aos membros Toledo e Santa Quitéria. As baixas amplitudes entre os valores da topografia atual e valores máx. da topografia (relevo geofísico), observadas nos setores de afloramento do Membro Toledo, sugerem uma resistência à erosão do relevo, assim como áreas mais estáveis segundo Champagnac et al. (2014) e Pérez-Peña et al. (2017). Essa resistência erosiva também ocorreria para o Membro Foz do Iguaçu (derrames maciços), que representa os derrames da base da seqüência estratigráfica da área do estudo (MINEROPAR, 2013). Desse modo, a elaboração da superfície S5 teria sido favorecida mediante a imposição litológica do Membro Foz do Iguaçu.

O desmantelamento da superfície S4, relacionada ao Membro Santa Quitéria, composto de derrames lobados e lobo tabular de basalto vesicular (MINEROPAR, 2013), seria mais eficiente em relação ao das superfícies sobrepostas aos Membros Toledo e Foz do Iguaçu. Primeiro porque o intemperismo basáltico seria facilitado por meio da densa vesicularidade e diaclasamento, comum no Membro Santa Quitéria (MINEROPAR, 2013), criando condições favoráveis para atuação do intemperismo químico (BABECHUK et al., 2014). Quanto à suscetibilidade erosiva fluvial, Lima e Binda (2013) sugeriram que os níveis vesiculares-amidaloides seriam mais frágeis à dissecação fluvial, favorecendo a erosão geomórfica (STOKES et al., 2008). As maiores amplitudes entre os valores da topografia atual e valores máx. da topografia (relevo geofísico), observadas nos perfis de varredura relacionadas aos setores do Membro Santa Quitéria, demonstraram uma efetiva erosão do relevo, conforme sugerido por Champagnac et al. (2014) e Pérez-Peña et al. (2017).

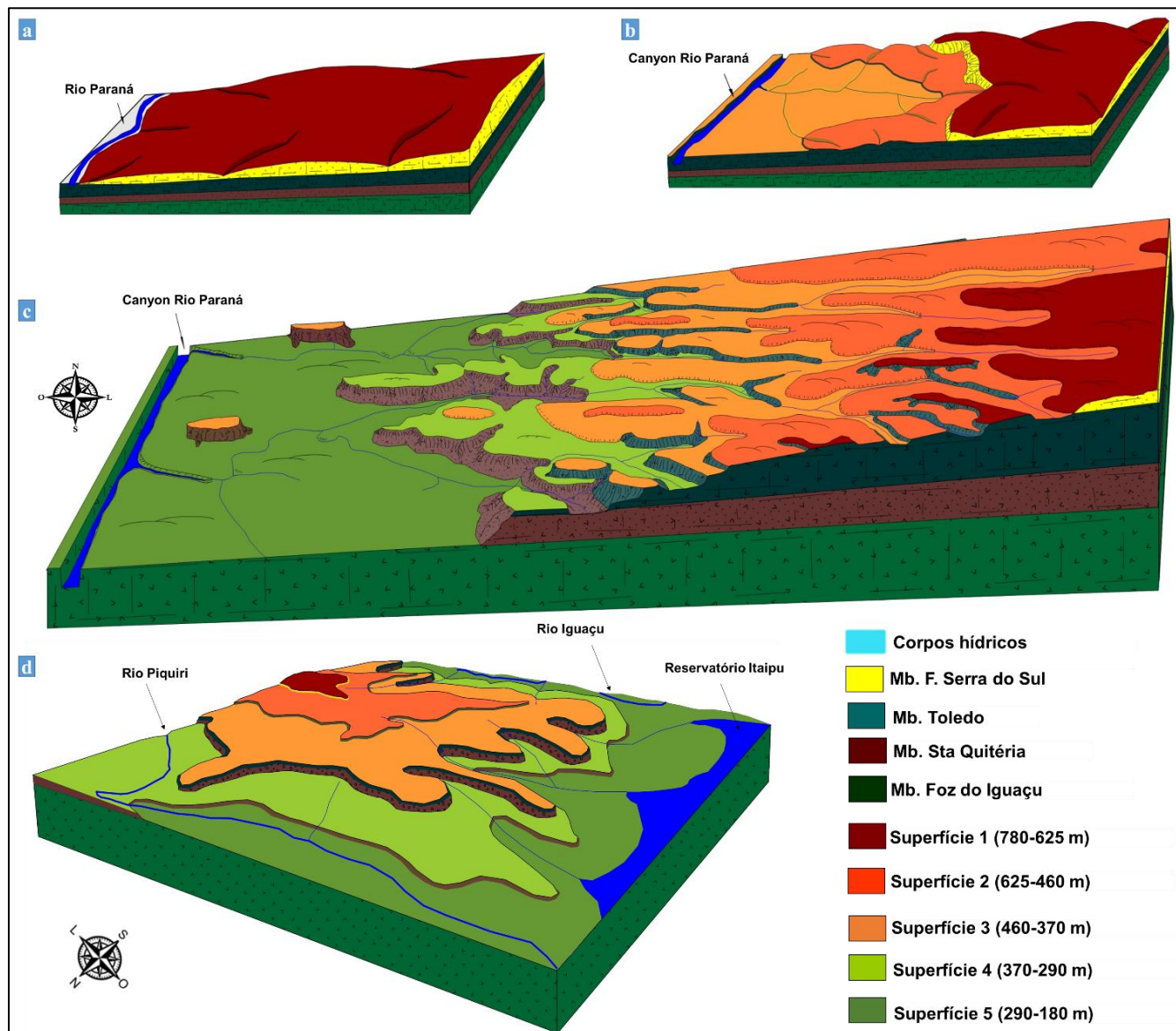


Figura 6. Evolução das superfícies identificadas na paisagem do oeste do Paraná de acordo com as discussões neste trabalho: (a) Superfície S1 se prolongava em direção à calha do Rio Paraná, e incipiente desenvolvimento da drenagem da área do estudo. (b) A rede de drenagem se desenvolveria em consonância com a resistência imposta pela litoestrutura. A superfície S1 passa a ser desmantelada mediante o recuo das encostas sobre a zona de topo do Membro Toledo (conforme foi sugerido para as superfícies elaboradas sobre o Membro Foz do Iguaçu) a partir do primeiro evento tectônico que teria acometido a área do estudo, possivelmente no Paleógeno, conforme Silva et al. (2021); inicia-se a elaboração das superfícies subsequentes (S2 e S3) a partir do intemperismo geoquímico. Um segundo evento tectônico, neotectônico (SILVA et al., 2021), acomete a paisagem regional, contribuindo para a formação do *canyon* do Rio Paraná, assim como para o rebaixamento do nível de base dos principais rios regionais (Piquiri, por exemplo). Este evento tectônico acelera o desmantelamento das superfícies S1, S2 e S3 e, também,

possibilita a remoção dos mantos de alteração formados sobre estas superfícies e o depósito desses materiais pré-intemperizados à jusante. Assim, são formadas crostas lateríticas de origem detríticas, e solos originados a partir de aporte de material alóctone, sobre as superfícies S4 e S5, conforme estas vão sendo elaboradas. Concomitante a isto, os processos erosivos, após removerem os derrames do Membro Toledo, alcançam a litologia menos resistente à erosão (Membro Santa Quitéria), favorecendo o rebaixamento do relevo e recuo remontante da Serrinha de São Francisco; o recuo da serrinha é favorecido uma vez que os tributários dos rios Paraná e Iguaçu alcançam a litologia (maciça) do Membro Foz do Iguaçu, com isto, a erosão é remontante. (c; d) Estágio atual da paisagem com o dismantelamento quase total da S1 e a formação das superfícies embutidas. As superfícies mais rebaixadas (S4 e S5) são caracterizadas pela abertura total do vale. À medida que essas superfícies se estendem para montante, a distância interfluvial diminui e os vales adquirem maior amplitude topográfica.

Ao mesmo tempo, a sobreposição de derrames tabulares e compostos (Figura 5-c, d, e, f, g, i) favoreceria a formação de knickpoints (Figuras 6-c, d; 7-e), de acordo com Lima e Binda (2013). Isto, também, explicaria/justificaria a disposição das superfícies geomórficas a montante da Serrinha de São Francisco. De todo o modo, a ocorrência de knickpoints ao longo dos canais principais controlaria, enquanto nível de base, os processos geomórficos a montante de tais feições (BIGARELLA et al., 1965b; PENCK, 1953). Assim, o equilíbrio se estabeleceria a cada superfície que se sobrepôs à litoestrutura semelhante. Conforme os cursos fluviais se ajustassem ao novo nível de base, se processaria o recuo das vertentes e o rebaixamento das superfícies a partir da atuação de processos de *etching*, conforme pressupostos apresentados por Thomas (1989; 1994) e Twidale (2002) para diversas regiões tropicais. Essa situação foi apresentada por Paisani et al. (2008) a respeito da elaboração de superfícies geomórficas nos setores do PBBSP, a leste e sudeste da área do estudo, sugerindo condições favoráveis aos processos de *etching*.

O processo de recuo das vertentes, conforme sugerem diversos autores para a elaboração de paisagens em diferentes setores da Bacia Sedimentar do Paraná (PINHEIRO; QUEIROZ NETO, 2017; VASCONCELOS et al., 2019), seria favorecido a partir da presença de diaclasamento horizontal e zonas vesiculares, comum nos derrames do Grupo Serra Geral (MINEROPAR, 2013), conforme verificado nos setores a jusante da superfície S3, associados à Serrinha de São Francisco. Esse processo levaria ao dismantelamento da superfície S3 (Figura 7-a, h, i), enquanto que as estruturas verticais dos membros favoreceriam o entalhe vertical dos canais fluviais (PINHEIRO; QUEIROZ NETO, 2017; SORDI et al., 2017).

Essas mesmas estruturas parecem maximizar a ação intempérica profunda na rocha, uma vez que as fraturas verticais dariam acesso às soluções ácidas na rocha fresca em grandes profundidades, atuando decisivamente na alteração das rochas (BABECHUK et al., 2014; MACIAS; CHESWORTH, 1992; THOMAS, 1989; 1994) e resultando em diferentes intensidades de intemperismo geoquímico sobre as rochas basálticas (NESBIT; WILSON, 1992). Estudos realizados por Lastoria et al. (2006) e MINEROPAR (2013) demonstraram que a dinâmica de infiltração da água nos derrames basálticos da Serra Geral seria dependente da morfologia e estrutura interna de cada derrame. De certa forma, isto também explica os espessos perfis de alteração e solos profundos pedogeneticamente muito evoluídos (Figura 7-c, d) encontrados principalmente nas S1, S2, S3. Assim, constata-se que a evolução pedogenética dos perfis parece refletir a associação dos processos supracitados e a longa atuação dos processos geomórficos nessas superfícies, mediante a estabilidade dessas superfícies, também sugerida pela proximidade entre os valores das linhas (máx., mín. e topografia atual) dos perfis de varredura (PÉREZ-PEÑA et al., 2017).

O controle tectônico, por sua vez, atuou a partir de um sistema de falhas-fraturas de orientação NW-SE que estão associadas ao alinhamento do Rio Iguaçu, assim como de falhas de orientação NE-SW (Figuras 4-a; 7-g.1). Essa imposição tectônica estaria atuando na paisagem regional desde o Paleógeno ao Pleistoceno, reativando falhas (NE-SW, NW-SE), conforme sugerem Silva et al. (2021). A presença das falhas, e a reativação destas, facilitaria a dissecação das formas de relevo, uma vez que as falhas aparentam controlar a rede de drenagem, destacando os patamares geomórficos na paisagem (VASCONCELOS et al., 2019). Pulsos tectônicos ocorridos na transição do Neógeno com o Quaternário (NUMMER et al., 2014; PEYERL et al., 2018; PINHEIRO et al., 2019; SANTOS et al., 2018b) podem ter causado o abrupto entalhe do *canyon* do Rio Paraná, a jusante de Sete Quedas (Figura 7-f). Evento geomórfico de importância regional comumente relatado por Almeida (1956), Bartorelli (2004) e Maack (2001), pode ter contribuído para a aceleração da dissecação fluvial dos tributários do Rio Paraná na área do estudo. Outro possível indício de perturbações tectônicas na rede de drenagem regional é observado no limite norte da área do estudo a partir do registro de depósitos fluviais do leito do Rio Piquiri a 70 m acima da sua atual posição do leito (Figura 7-g). Em tal caso, os eventos tectônicos podem ter intensificado o dismantelamento de paleosuperfícies, a

partir do rearranjo da drenagem regional, conforme sugerido por Riffel et al. (2016), e a intensificação da dissecação fluvial associada à presença de falhas (VASCONCELOS et al., 2019). De certa forma, o rebaixamento do nível de base Rio Paraná, assim como no Rio Piquiri, foi um distúrbio no contexto da paisagem regional, sendo preponderante tanto para a elaboração de novas superfícies (S4 e S5) quanto para o desmantelamento daquelas existentes (PENTEADO, 1983; UFIMTSEV, 2009).

A ocorrência de feições lateríticas, encontradas nos perfis de alteração e solos na paisagem do oeste do Paraná, principalmente em Latossolo e Nitossolo, e a presença de remanescentes geomórficos (Figura 7-c, d) podem ser evidências de que antes da alteração do nível de base do Rio Paraná, há 1,6 milhão de anos (ALMEIDA, 1956; BARTORELLI, 2004; MAACK, 2001), a elaboração das superfícies S1, S2 e S3 era favorecida. Entretanto, com o entalhe do *canyon*, uma retomada erosiva ocorreu, desencadeando um repentino rebaixamento do nível de base regional e formando novas superfícies a partir de uma erosão mais efetiva (DANIELS et al., 1971; WYSOCKI et al., 2012), favorecendo a formação das S4 e S5. Portanto, o rebaixamento do nível de base regional, a partir da reativação tectônica (SILVA et al., 2021), pode ter provocado um desequilíbrio na paisagem, potencializando uma relativa remoção dos mantos de alteração (FAIRBRIDGE; FINKL JUNIOR, 1980; MIGOÑ, 2013; SUMMERFIELD, 1991; THOMAS, 1989; TWIDALE, 2002), favorecendo a atuação dos processos de *stripping*, à medida que as superfícies geomórficas foram se desmantelando e gerando material para deposição a jusante (Figura 7-h.1, 1), conforme as superfícies S4 e S5 fossem evoluindo. Na superfície S3, nos setores oeste e sul da área do estudo, o adelgaçamento dos solos e o afloramento rochoso, nos setores de topo desta superfície (Figura 3-e, f), poderia estar associado ao último pulso tectônico que reativou as falhas e desencadeou novamente a dissecação fluvial efetiva do relevo regional. Nesse sentido, os perfis de varredura têm sugerido uma erosão efetiva do relevo nos setores próximos aos canais dos rios Paraná e Piquiri, principalmente, uma vez que ali são constatadas maiores amplitudes entre os valores da topografia atual e valores máx. da topografia.

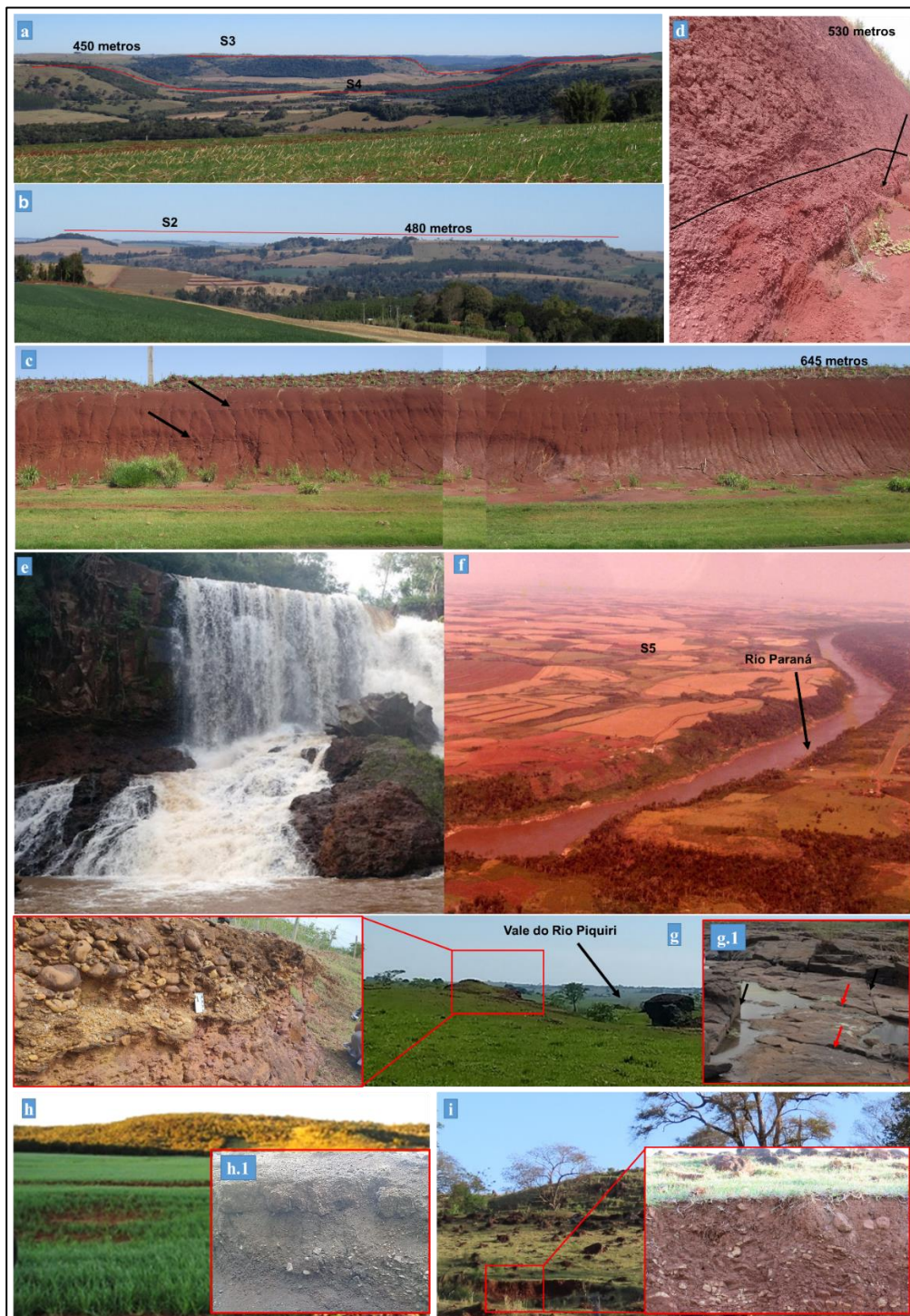


Figura 7. Registros fotográficos de setores da paisagem que sugerem a ocorrência de processos de recuo paralelo das encostas (a), *etching* (c, d) e rebaixamento do nível de base (b, e*, f, g). (c, d) Registro de crostas lateríticas (espessura aproximada de 2 cm) em perfis de Latossolos (S1 e S2), sugerindo intenso intemperismo geoquímico e liberação do ferro, seguido da formação da crosta e o posterior rebaixamento do nível de base; em “c” é possível visualizar dois níveis de crosta laterítica (setas pretas). (f**) *canyon* do Rio Paraná, a oeste da área do estudo. (g***) Antiga posição do leito do Rio Piquiri e conglomerado de origem aluvial; atualmente o leito do rio está a 70 m abaixo desse conglomerado. Fonte: *Ricardo Bock; **Acervo Memória Rondonense; ***Grupo de Estudos do Ambiente - Unioeste, campus de Marechal Cândido Rondon. (g.1) Estruturas tectônicas identificadas no leito do Rio Piquiri, no segmento associado à anomalia Apertado do Piquiri (setas pretas - falhas NE-SW; setas vermelhas - falhas NW-SE). (h) Setor da paisagem, associado à superfície S5, com materiais coluviais e lateríticos de origem detrítica que foram originados a partir do dismantelamento das superfícies a montante, por meio do recuo da Serrinha de São Francisco. (i) Segmento de sopé da serrinha, associado à superfície S4; perfil de Neossolo (no detalhe), contendo material detrítico em

superfície (cascalhos de arenito intertrapeano e basalto) misturado à matriz do solo. Estes detritos são indícios do desmantelamento dos derrames do Membro Santa Quitéria e Toledo que sustentam as superfícies a montante.

Os principais tributários dos rios Piquiri, Paraná e Iguaçu, que atualmente dissecam o relevo da área do estudo, também apresentam evidências de deformação tectônica, relacionadas aos eventos tectônicos regionais que perturbaram o equilíbrio da paisagem, conforme sugerem Silva et al. (2021). Estes autores discutem que a ocorrência de segmentos anômalos ao longo dos perfis longitudinais dos rios São Francisco Verdadeiro, São Francisco Falso, tributários esquerdos do Rio Paraná, e rios Verde e Andrada, tributários dos rios Piquiri e Iguaçu, respectivamente, seria indícios da reativação pleistocênica das falhas no oeste paranaense, mediante a presença de anomalias convexas/côncavas nos perfis longitudinais dos rios (SEEBER; GORNITZ 1983) na área do estudo. Santos et al. (2018b) também encontraram indícios que sugerem, para o setor centro-sul do PBBSP, que as perturbações nos perfis longitudinais dos rios refletem a influência tectônica pleistocênica. A deformação no perfil longitudinal dos rios (convexidade) causaria dissecação efetiva em segmentos convexos, de modo que estes setores em soerguimento se comportariam como ambientes fontes de material intemperizados para as áreas subsidentes (GUEDES et al. 2015; SANTOS et al., 2011). Por outro lado, os segmentos em subsidência e em equilíbrio dos perfis longitudinais dos rios estariam associados a perfis de intemperismo mais profundos e com predomínio de Latossolo e Nitossolo na área do estudo. Esta situação de equilíbrio facilitaria a atuação dos processos de *etching* sobre as superfícies geomórficas, uma vez que os processos erosivos não seriam eficientes sobre os setores das superfícies relacionados aos segmentos subsidentes e em equilíbrio dos perfis longitudinais dos rios.

5.1. Evolução das superfícies

As superfícies geomórficas identificadas na região oeste do Paraná se inserem num contexto de formação e evolução subordinado a períodos de estabilidade e instabilidade da paisagem, conceitos classicamente discutidos por Erhart (1966), Fairbridge e Finkl Junior (1980), Kamp e Owen (2013) e Migoñ (2013). De modo que, sob a condição de equilíbrio, a elaboração da superfície S1 seria favorecida, possibilitando a atuação dos processos de intemperismo geoquímico e a pedogênese (BÜDEL, 1957; ERHART, 1966; MILLOT, 1983), comumente demonstrados no contexto evolutivo do PBBSP por Campodonico et al. (2019), Paisani et al. (2013) e Riffel et al. (2016). As feições lateríticas e solos profundos sobre a S1 são alguns indícios da efetiva e duradoura atuação pedogeoquímica que ocorreu sobre os perfis de intemperismo no passado, sob um regime em equilíbrio (biostasia, ERHART, 1966). Conforme a superfície S1 se desenvolvia, esta estaria se prolongando em direção à calha dos rios Paraná, Iguaçu e Piquiri. Conforme já mencionado, os relevos residuais que estão embutidos nas superfícies S2 e S3 poderiam sustentar a ideia de uma única superfície no passado. Pois, considera-se que, a partir do recuo das vertentes (PENCK, 1953; KING, 1950; 1953) e pelo rebaixamento do relevo por processos de *etching* (BREMNER, 1993; TWIDALE, 2002), feições residuais mais resistentes à erosão sejam destacadas na paisagem, de modo que seria possível que estas feições residuais preservariam em seu topo a cota da antiga superfície erosiva (SALGADO, 2007; SUMMERFIELD, 1991).

Essa condição de equilíbrio seria interrompida por pulsos tectônicos e incisão generalizada ao longo da paisagem do PBBSP durante o primeiro evento tectônico, pré Neógeno (NUMMER et al., 2014; PEYERL et al., 2018; PINHEIRO et al., 2019; SANTOS et al., 2018), reativando as falhas transcorrentes no oeste do Paraná (SILVA et al., 2021). Com isso, um significativo direcionamento da drenagem no referido planalto ocorreria (BARTORELLI, 2004; STEVAUX; LATRUBESSE, 2010), iniciando o desmantelando da superfície S1. A rede de drenagem estaria em consonância com a resistência imposta pela litoestrutura de zona de topo do Membro Toledo (conforme foi sugerido para as superfícies elaboradas sobre o Membro Foz do Iguaçu). Assim, nesta fase, a elaboração das superfícies subsequentes (S2 e S3) seria favorecida. Essa interpretação corrobora os resultados de Nummer et al. (2014), Peyerl et al. (2018), Pinheiro et al. (2019) e Santos et al. (2018), que também relataram a ocorrência desse evento tectônico entre o Neógeno e o Quaternário no PBBSP.

A formação das superfícies S4 e S5 estaria associada ao segundo evento tectônico, sendo possível que a formação destas superfícies ocorreu a partir do Plio-Pleistoceno. Acredita-se que este evento tectônico tenha contribuído para a escavação do *canyon* do Rio Paraná (BARTORELLI, 2006; MAACK 2001), assim como para o rebaixamento do nível de base dos principais rios regionais. Neste sentido, Riffel et al. (2016) sugerem que a drenagem do Terceiro Planalto Paranaense, no qual se insere a drenagem regional, teria passado por uma

importante reorganização no limite do Neógeno com o Quaternário. Com essa influência na rede de drenagem, houve o desmantelamento das superfícies S1, S2 e S3 e remoção parcial dos mantos de alteração formados sobre estas superfícies. A ocorrência de crostas lateríticas, de origem detrítica (MCFARLANE, 1976), e solos originados a partir de aporte de material alóctone, encontrados sobre as superfícies S4 e S5 (Figura 7-h.1, i), poderiam ser evidências da remoção e da posterior deposição, a jusante, desses materiais das superfícies S2 e S3, principalmente, durante a formação das superfícies S4 e S5. No Terceiro Planalto Paranaense tem sido relatada a comum ocorrência de crostas detríticas associadas a processos de recuo de encostas que resultaram em coberturas de colúvio (p. ex.; FUMIYA et al., 2019). Por outro lado, condições climáticas de semiaridez, conforme sugerem Kröhling et al. (2014) para a elaboração de superfícies de erosão no PBBSP, se somariam aos pulsos tectônicos e poderiam ter removido parcialmente esses mantos de alteração (THOMAS, 1989; TWIDALE, 2002; 2007), e contribuído, também, para o recuo das encostas, conforme sugerem Bigarella et al. (1965b) para as paisagens do sul do Brasil. À medida que os processos erosivos fossem removendo os derrames do Membro Toledo, a dissecação alcançaria a litologia do Membro Santa Quitéria, predominantemente vesicular, e menos resistente à erosão (LIMA; BINDA, 2013). Esta característica também aceleraria a dissecação geomórfica (STOKES et al., 2008), desencadeando o rebaixamento do relevo e recuo remontante da Serrinha de São Francisco, além da abertura dos vales nos setores mais rebaixados da paisagem regional (SILVA et al., 2021), com a conseqüente formação das superfícies S4 e S5. Portanto, a formação das superfícies S4 e S5 estaria associada a eventos mais recentes que acometeram a paisagem regional, e que causaram um efetivo desmantelamento das superfícies a montante.

6. Conclusões

Os resultados apresentados neste artigo fundamentam uma interpretação de evolução das superfícies geomórficas a partir de uma perspectiva poligenética, não se encaixando unicamente nos modelos tradicionais de evolução das paisagens tropicais/subtropicais brasileiras. A sobreposição de teorias geomorfológicas é a via que melhor sustentou a hipótese deste trabalho, com destaque para a alteração dos níveis de base, recuo paralelo das encostas, *etching-stripping* e estabilidade-instabilidade geomórfica. Desse modo, não é prudente alvitar uma evolução linear dessas superfícies. Por outro lado, a poligenia dessas cinco superfícies deve nortear pesquisas futuras no contexto regional pois, a diferenciação litológica (membros tabulares e compostos) dos membros do Grupo Serra Geral, até então pouco considerados nas discussões sobre a evolução das superfícies geomórficas no PBBSP, demonstrou ser imperativa e para a elaboração/desmantelamento das cinco superfícies, ora favorecendo a atuação dos processos geomórficos (intemperismo e dissecação), ora retardando a dissecação do relevo. Ao mesmo tempo também se pode atribuir tectônica um papel preponderante na formação e evolução das superfícies mais elevadas (S1, S2 e S3).

A sobreposição de fatores tectônicos, litoestruturais e climáticos foi considerada na explicação da evolução das superfícies inseridas nas paisagens do oeste paranaense. Todos atuando de forma episódica, com momentos de formação e desmantelamento das superfícies, intemperismo e erosão. Com base em dados disponibilizados na literatura, verificou-se a associação entre os segmentos anômalos dos perfis longitudinais dos rios com os limites das superfícies identificadas na área do estudo. Isso traz contribuições importantes para a identificação de superfícies geomórficas.

Contribuições dos Autores: Concepção, metodologia, validação, análise formal, pesquisa, B. A. S. e M. R. C.; recursos, M. R. C.; preparação de dados, escrita do artigo, B. A. S.; revisão, B. A. S. e M. R. C.; supervisão, M. R. C.; aquisição de financiamento, M. R. C. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Código de Financiamento 001.

Agradecimentos: Agradecemos ao Programa de Pós Graduação em Geografia (UNIOESTE - Francisco Beltrão) e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon) pelos recursos e infraestrutura disponibilizados.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. AB'SÁBER, A. N. Megageomorfologia do território brasileiro. In A. J. T. Cunha, Sandra Batista; Guerra (Ed.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1969, p. 71–106.
2. AB'SÁBER, A. N. Summit surfaces in Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 3, p. 515–516, 2000.
3. ALMEIDA, F. F. M. O Planalto Basáltico da Bacia do Paraná. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 24, p. 4–34, 1956.
4. BABECHUK, M. G.; WIDDOWSON, M.; KAMBER, B. S. Quantifying chemical weathering intensity and trace element release from two contrasting basalt profiles, Deccan Traps, India. **Chemical Geology**, v. 363, p. 56–75, 2014. DOI:10.1016/j.chemgeo.2013.10.027.
5. BADE, M. R.; ROCHA, A. S.; CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T. Geomorphological partitioning of Paraná III (Brazil/ Paraguay) hydrological basin. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 5, p. 1370–1383, 2016. DOI:10.5935/1984-2295.20160094.
6. BARTORELLI, A. Origem das grandes cachoeiras do planalto basáltico da bacia do Paraná: evolução quaternária e geomorfologia. In: V. Mantesso-Neto; A. Bartorelli; C. D. R. Carneiro; B. B. Brito-Neves (Orgs.); **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Beca, p.79–95, 2004.
7. BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. DOS; MANZATTO, C. V.; et al. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.
8. BIFFI, V. H. R.; PAISANI, J. C. Superfícies de Cimeira do Planalto das Araucárias – Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 19(3), 2018. DOI:10.20502/rbg.v19i3.1336.
9. BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. **The Geological Society of America**, n. 84, p. 433–451, 1965.
10. BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, Pedimentos e seus Depósitos Correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, v. 16–17, p. 117–153, 1965a. Curitiba.
11. BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**, v. 16–17, p. 85–116, 1965b. Curitiba - PR.
12. BREMER, K. H. Etchplanation, review and comments of Büdel's model. **Zeitschrift Für Geomorphologie**, 189–200, 1993.
13. BÜDEL, J. Double surfaces of leveling in the humid tropics. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 1, p. 201–288, 1957.
14. CAMPODONICO, V. A.; PASQUINI, A. I.; LECOMTE, K. L.; GARCÍA, M. G.; DEPETRIS, P. J. Chemical weathering in subtropical basalt-derived laterites: A mass balance interpretation (Misiones, NE Argentina). **Catena**, v. 173, n. October 2018, p. 352–366, 2019. DOI:10.1016/j.catena.2018.10.027.
15. CHAMPAGNAC, J. D.; VALLA, P. G.; HERMAN, F. Late-Cenozoic relief evolution under evolving climate: A review. **Tectonophysics**, v. 614, p. 44–65, 2014. DOI:10.1016/j.tecto.2013.11.037.
16. CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2019. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/>>.
17. DANIELS, R. B., GAMBLE, E. E., CADY, J. G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. *Advances in Agronomy*, 23(3367), 51–88, 1971.
18. EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos dos municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e do município de Palotina na escala 1:300.000**. 2018 Disponível em: <http://geoinfo.cnpf.embrapa.br/layers/geonode%3Aunidadesmapeamento_bp3_wgs84_2#license-more-above>.
19. ERHART, H. A teoria da bio-resistância e os problemas biogeográficos e paleobiológicos. **Notícia Geomorfológica**, v. 6, n. 11, p. 51–58, 1966. Campinas.
20. Esri Inc. ArcMap (versão 10.4). Redlands, Estados Unidos.
21. FAIRBRIDGE, R. W.; FINKL JUNIOR, C. W. Cratonic erosional unconformities and peneplains. **The Journal of Geology**, v. 88, p. 69–86, 1980. DOI:10.2307/30068481.
22. FUMIYA, M. H.; SANTOS, L. J. C.; RIFFEL, S. B. Morphostratigraphy of Ferruginous Duricrusts in the Northwest of Paraná Figure. **Rev. Bras. Geomorf. (Online)**, v. 20, n. 4, p. 707–717, 2019.
23. GUEDES, I. C., MORALES, N., ETCHEBEHERE, M. L. de C., SAAD, A. R. Indicações de deformações neotectônicas na bacia do rio pardo-SP através de análises de parâmetros fluviomorfométricos e de imagens

- SRTM. *Geociências*, 34(3), 2015; 364–380.
24. IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema fitogeográfico; Inventário das formações florestais e campestres; Técnicas e manejo de coleções botânicas; Procedimentos para mapeamentos. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**, p. 271, 2012. Rio de Janeiro.
 25. JERRAM, D., MOUNTNEY, N., HOLZFO, F., STOLLHOFEN, H. Internal stratigraphic relationships in the Etendeka Group in the Huab Basin , NW Namibia: understanding the onset of flood volcanism. *Journal of Geodynamics*, 28, 393–418, 1999.
 26. KAMINO, L. H. Y.; REZENDE, É. A.; SANTOS, L. J. C.; FELIPPE, M. F.; ASSIS, W. L. Atlantic Tropical Brazil. In: A. A. R. Salgado; L. J. C. Santos; J. C. Paisani (Orgs.); **The Physical Geography of Brazil - Geography of the Physical Environment**. p.222, 2019. Springer.
 27. KAMP, U.; OWEN, L. A. Tectonic Geomorphology - Polygenetic Landscapes. In: J. Shroder; A. R. Orme; D. Sack (Orgs.); **Treatise on Geomorphology**. v. 5, p.370–393, 2013. San Diego: Academic Press - Elsevier Inc.
 28. KING, L. C. The study of the World's Plainlands: A new approach in Geomorphology. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 106, 101–131, 1950. DOI:10.1144/gsl.jgs.1950.106.01-04.06.
 29. KING, L. C. Canons of Landscape Evolution. *Bulletin of the Geological Society of America*, 64, 721–752, 1953. DOI:10.1130/0016-7606(1953)64[721:COLE]2.0.CO;2.
 30. KING, L. C. Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, , n. 2, p. 3–142, 1956.
 31. KRÖHLING, D. M.; BRUNETTO, E.; GALINA, G.; ZALAZAR, M. C.; IRIONDO, M. H. Planation Surfaces on the Paraná Basaltic Plateau, South America. In: J. Rabassa; C. D. Ollier (Orgs.); **Gondwana Landscapes in Southern South America: Argentina, Uruguay and Southern Brazil**. p.247–303, 2014.
 32. LASTORIA, G.; SINELLI, O.; KIANG, C. H.; et al. Hidrogeologia da formação Serra Geral no Estado de Mato Grosso do Sul. *Águas Subterrâneas*, v. 20, n. 1, p. 139–150, 2006.
 33. LEPSCH, I. F.; BUOL, S. W. Oxisol-Landscape relationships in Brazil. In: F. H. Beinroth; M. N. Camargo; H. Eswaran (Orgs.); **Eighth International Soil Classification Workshop: Classification, Characterization and Utilization of Oxisols**. p.285, 1988.
 34. LIMA, A. G.; BINDA, A. L. Lithologic and structural controls on fluvial knickzones in basalts of the Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 48, p. 262–270, 2013.
 35. LIMA, A. G.; FLORES, D. M. River slopes on basalts: Slope-area trends and lithologic control. *Journal of South American Earth Sciences*, 2017. DOI:10.1016/j.jsames.2017.03.014.
 36. LIMA, J. G. G.; BIFFI, V. H. R.; PONTELLI, M. E. Análise estrutural do relevo do Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina - Planalto das Araucárias. *Bol.Goia. Geogr.*, v. 39, p. 1–18, 2019.
 37. MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. Jubilee Vo, p. 169–288, 2001.
 38. MACIAS, F., CHESWORTH, W. Weathering in humid regions, with emphasis on igneous rocks and their metamorphic equivalents. In I. P. Martini & W. Chesworth (Eds.), *Weathering, soils & paleosols - Developments in Earth Surface Processes*, 1992. p. 618. DOI:10.1016/B978-0-444-89198-3.50017-9.
 39. MARCOLIN, L.; CALEGARI, M. R. Atributos químicos, físicos e mineralogia de Latossolos e sua relação com a paisagem no oeste do Paraná. *Revista do Departamento de Geografia - USP*, v. 39, p. 48–61, 2020.
 40. MCFARLANE, M. J. *Laterite and Landscape*. London: Academic Press. 1976.
 41. MIGOÑ, P. Weathering Mantles and Long-Term Landform Evolution. In: G. A. Shroder, J.; Pope (Org.); **Treatise on Geomorphology - Weathering and Soils Geomorphology**. v. 4, p.127–144, 2013.
 42. MILANI, E. J. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: V. Mantesso-Neto; A. Bartorelli; C. D. R. Carneiro; B. B. Brito-Neves (Orgs.); **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Beca, p.239–265, 2004.
 43. MILLOT, G. Planation of continents by intertropical weathering and pedogenetic processes. **Laterization Processes - II International Seminar on Laterization Processes**, 1983.
 44. MINEROPAR. **O Grupo Serra Geral no estado do Paraná: mapeamento geológico na escala de 1:250.000 (I e II)**. 1ª ed. Curitiba: Mineropar, 2013.
 45. MODENESI-GAUTTIERI, M. C.; TOLEDO, M. C. M.; HIRUMA, S. T.; TAIOLI, F.; SHIMADA, H. Deep weathering and landscape evolution in a tropical plateau. *Catena*, v. 85, n. 3, p. 221–230, 2011. DOI:10.1016/j.catena.2011.01.006.

46. NESBIT, H. W.; WILSON, R. E. Recent chemical weathering of basalts. **American Journal of Science**, 1992.
47. NUMMER, A. R.; MACHADO, R.; JACQUES, P. D. Tectônica transcorrente mesozoica/cenozoica na porção leste do Planalto do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 41, n. 2, p. 121–130, 2014.
48. OLLIER, C. D. Some Principles in the Study of Planation Surfaces. In: J. Rabassa; C. D. Ollier (Orgs.); **Gondwana Landscapes in southern South America: Argentina, Uruguay and southern Brazil**. p.545, 2014. Springer.
49. ORME, A. R. Tectonism, Climate, and Geomorphology. In *Treatise on Geomorphology* (Vol. 1), 2013. DOI:10.1016/B978-0-12-374739-6.00010-5.
50. PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; ANDRES, J. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná/NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências (São Paulo)**, v. 27, n. 4, p. 541–553, 2008.
51. PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; CORRÊA, A. C. B.; RODRIGUES, A. R. R. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols - A basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 48, p. 1–12, 2013.
52. PAISANI, J. C.; SANTOS, L. J. C.; GOUDARD, G.; GOULART, A. Á.; BIFFI, V. H. R. Subtropical Araucaria Plateaus. In: A. A. R. Salgado; L. J. C. Santos; J. C. Paisani (Orgs.); **The Physical Geography of Brazil - Geography of the Physical Environment**. p.222, 2019.
53. PALHARES, J. M.; PASSOS, E.; SILVA, A. J. Morfoestrutura e morfoescultura: superfícies aplanadas do planalto de Guarapuava. **Ciência Geográfica**, v. XV, n. 1, p. 70–77, 2011.
54. PALHARES, M. J. **Superfícies aplanadas do planalto de Guarapuava: transecto leste-oeste de Guarapuava a Foz do Iguaçu entre os rios Iguaçu e Piquiri**, 2011. Curitiba: UFPR - Curitiba.
55. PARANÁ. **Bacias Hidrográficas do Parana: Série Histórica**. Curitiba: SEMA - Governo do Estado do Paraná, 2013.
56. PENCK, W. **Morphological Analyses of Land Forms**. London, 1953.
57. PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.
58. PÉREZ-PEÑA, J. V.; AL-AWABDEH, M.; AZAÑÓN, J. M.; et al. SwathProfiler and NProfiler: Two new ArcGIS Add-ins for the automatic extraction of swath and normalized river profiles. **Computers and Geosciences**, v. 104, p. 135–150, 2017. DOI:10.1016/j.cageo.2016.08.008.
59. PEYERL, W. R. L.; SALAMUNI, E.; SANCHES, E.; et al. Reactivation of Taxaquara Fault and its morphotectonic influence on the evolution of Jordão River catchment, Paraná, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 48, n. 3, p. 553–573, 2018.
60. PINHEIRO, M. R.; CIANFARRA, P.; VILLELA, F. N. J.; SALVINI, F. Tectonics of the Northeastern border of the Parana Basin (Southeastern Brazil) revealed by lineament domain analysis. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 94, n. February, p. 102231, 2019. DOI:10.1016/j.jsames.2019.102231.
61. PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. From the semiarid landscapes of southwestern USA to the wet tropical zone of southeastern Brazil: Reflections on the development of cuestas, pediments, and talus. **Earth-Science Reviews**, 2017. DOI:10.1016/j.earscirev.2017.07.005.
62. PINTO, M. L.; VIDOTTI, R. M. Tectonic framework of the Paraná basin unveiled from gravity and magnetic data. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 90, p. 216–232, 2019. DOI:10.1016/j.jsames.2018.12.006.
63. QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System** (versão 3.10). 2021. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>.
64. RABASSA, J.; CARIGNANO, C.; CIOCCALE, M. Gondwana Paleosurfaces in Argentina : an Introduction. **Geociências**, v. 29, n. 4, p. 439–466, 2010.
65. RABASSA, J.; OLLIER, C. D. **Gondwana Landscapes in southern South America: Argentina, Uruguay and southern Brazil**. Springer, 2014.
66. RIFFEL, S. B.; VASCONCELOS, P. M.; CARMO, I. O.; FARLEY, K. A. Combined⁴⁰Ar/³⁹Ar and (U-Th)/He geochronological constraints on long-term landscape evolution of the Second Paraná Plateau and its ruiniform surface features, Paraná, Brazil. **Geomorphology**, v. 233, p. 52–63, 2015. DOI:10.1016/j.geomorph.2014.10.041.
67. RIFFEL, S. B.; VASCONCELOS, P. M.; CARMO, I. O.; FARLEY, K. A. Goethite (U-Th)/He geochronology and precipitation mechanisms during weathering of basalts. **Chemical Geology**, v. 446, p. 18–32, 2016. DOI:10.1016/j.chemgeo.2016.03.033.

68. SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; BORGES, M. S.; et al. Tectonics and sedimentation in the Curitiba Basin, south of Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 15, n. 8, p. 901–910, 2003.
69. SALAMUNI, R.; SALAMUNI, E.; ROCHA, L. A.; ROCHA, A. L. Parque Nacional do Iguaçu, PR - Cataratas de fama mundial. In: C. SCHOBENHAUS; D. A. CAMPOS; E. T. QUEIROZ; M. WINGE; M. BERBERT-BORN (Orgs.); **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. p.313–321, 2002.
70. SALLUN, A. E. M. **Aloformação Paranaíba: depósitos coluviais quaternários da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná (SP, PR, e MS)**, 2007. São Paulo: USP.
71. SANTOS, L. F. F., GUEDES, I. C., ETCHEBEHERE, M. L. de C. Análise Neotectônica do Pontal do Paranapanema (SP) mediante aplicações de parâmetros fluviomorfolométricos. **Geociências**, UNESP, São Paulo, 30(4), 2011; 491–507.
72. SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª edição ed. Brasília - DF: Embrapa Solos, 2018a.
73. SANTOS, J. M.; SALAMUNI, E.; SILVA, C. L.; et al. Morphotectonics in the Central-East Region of South Brazil: Implications for Catchments of the Lava-Tudo and Pelotas Rivers, State of Santa Catarina. **Geomorphology**, v. 328, p. 138–156, 2018b. DOI:10.1016/j.geomorph.2018.12.016.
74. SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; et al. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p. 3–12, 2006.
75. SEEGER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan Arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, v. 92, p. 335–367, 1983.
76. SILVA, B. A.; CALEGARI, M. R.; PINHEIRO, M. R.; FUJITA, R. H. Lithostructural and tectonic determinants in the geomorphic evolution of the Basalt Plateau – Southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. 2021.
77. SILVA, B. A.; CALEGARI, M. R. Atualização do Mapa de Solos na Bacia do Paraná 3: Estudo de Caso das Sub-bacias Hidrográficas dos Rios São Francisco Verdadeiro e São Francisco Falso. **Perspectiva Geográfica**, v. 14, n. 20, p. 48–58, 2019.
78. SILVA, B. A.; HAYAKAWA, E. H.; MARTINS, V. M. Relação Solo-Relevo no Oeste do Paraná, Estudo de Caso: Folha Topográfica de Marechal Cândido Rondon. **Rev. Bras. Geomorfol.**, v. 21, n. 1, p. 45–62, 2020.
79. SMALL, E. E.; ANDERSON, R. S. Pleistocene relief production in Laramide mountain ranges, western United States. **Geology**, v. 26, n. 2, p. 123–126, 1998.
80. SORDI, M. V.; SALGADO, A. A. R.; PAISANI, J. C.; PAGOTTO, D. Controle Litoestrutural no desenvolvimento de vales na área do rebordo da Bacia do Paraná no Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 4, p. 671–687, 2017.
81. STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. Iguazu Falls: A History of Differential Fluvial Incision. In: P. Migoñ (Org.); **Geomorphological Landscapes of the World**. p.101–109, 2010. Springer.
82. STEWART, K.; TURNER, S.; KELLEY, S.; et al. 3-D 40Ar-39Ar Geochronology in the Paraná continental flood basalt province. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 143, p. 95–109, 1996.
83. STOKES, M.; MATHER, A. E.; BELFOUL, A.; FARIK, F. Active and passive tectonic controls for transverse drainage and river gorge development in a collisional mountain belt (Dades Gorges, High Atlas Mountains, Morocco). **Geomorphology**, v. 102, n. 1, p. 2–20, 2008.
84. SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology: an introduction to the study of landforms**. New York: Routledge - Taylor & Francis e-Library, 1991.
85. THIEDE, D. S.; VASCONCELOS, P. M. Paraná flood basalts: Rapid extrusion hypothesis confirmed by new 40Ar/39Ar results. **Geology**, v. 38, n. 8, p. 747–750, 2010.
86. THOMAS, M. F. The role of etch processes in landform development II. Etching and the formation of relief. **Zeitschrift für Geomorphologie N.F.**, v. 33, n. 3, p. 257–274, 1989. Berlin.
87. THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Chichester, England: John Wiley, 1994.
88. TWIDALE, C. R. The two-stage concept of landform and landscape development involving etching: Origin, development and implications of an idea. **Earth-Science Reviews**, v. 57, n. 1–2, p. 37–74, 2002.
89. TWIDALE, C. R. Backwearing of slopes - The development of an idea. **Rev. C & G**, v. 21, n. 1–2, p. 135–146, 2007.

90. UFIMTSEV, G. F. Planation of the relief of terrestrial surface. **Geography and Natural Resources**, v. 30, n. 1, p. 14–20, 2009.
91. USGS. United State Geological Survey. 2019. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 20/9/2008.
92. VASCONCELOS, P. M., FARLEY, K. A., STONE, J., PIACENTINI, T., FIFIELD, L. K. Stranded landscapes in the humid tropics: Earth's oldest land surfaces. **Earth and Planetary Science Letters**, 519, 152–164, 2019. DOI: 10.1016/j.epsl.2019.04.014.
93. WILDNER, W.; BRITO, R. S. C. DE; LICHT, O. A. B.; ARIOLI, E. E. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Paraná**. Brasília: CPRM/MINEROPAR, 2006.
94. WYSOCKI, D. A., SCHOENEBERGER, P. J., HIRMAS, D. R., LAGARRY, H. E. Geomorphology of Soil Landscapes. In P. M. Huang, Y. Li, & M. E. Sumner (Eds.), **Handbook of Soil Sciences: Properties and Processes** 2012, p. 1424. DOI: 10.13140/2.1.3758.1120.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.