

Artigo de Revisão

## Megaleques das bacias sedimentares do Chaco e Pantanal: uma revisão comparada

*Megafans from sedimentary basins of the Chaco and Pantanal: a compared  
review*

Sidney Kuerten<sup>1,2</sup>, José Candido Stevaux<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Geografia, Jardim, Brasil. [sid.kuerten@gmail.com](mailto:sid.kuerten@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1714-0929>

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Programa de Pós Graduação em Geografia, Três Lagoas, Brasil.

[josecstevaoux@gmail.com](mailto:josecstevaoux@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6136-2556>

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Maringá (UEM), Programa de Pós Graduação em Ecologia de água doce (NUPELIA), Maringá, Brasil.

Recebido: 22/03/2020; Aceito: 31/07/2020; Publicado: 01/07/2021

**Resumo:** Na América do Sul são encontrados os maiores sistemas fluviais distributários espalhados pelo planeta e correspondem às bacias sedimentares do Chaco e Pantanal. Este estudo apresenta uma revisão comparada dos morfométricos e hidrossedimentares desses megaleques publicados desde 1977. Esta revisão inclui dados paleoambientais, paleoclimáticos, estratigráficos e geomofológicos. Dentre as semelhanças e disparidades reconhecidas, as avulsões fluviais são responsáveis pelas maiores e constantes alterações nas superfícies quaternárias. Estes sistemas são grandes produtores de sedimentos, mas destaca-se o fato de que a maior quantidade permanece retida em ambas as bacias sedimentares, cujos valores atingem 68% no Chaco e 91% no Pantanal. Os megaleques analisados abrangem imensas áreas remotas e de difícil acesso o que pode ser constatado pela relativamente baixa produção científica. Por outro lado, as recentes mudanças ambientais e rápidas alterações de uso e ocupação podem gerar alterações desconhecidas dos processos naturais. Os limites teóricos dos megaleques foram revistos e ajustados com base nas características morfológicas observadas no modelo digital de elevação em comparação com os trabalhos produzidos. Esses arquivos digitais (.shp) estão disponíveis para download.

**Palavras-chave:** Sistemas Fluviais Distributários; América do Sul; Dinâmica hidrossedimentar; Avulsões.

**Abstract:** The Chaco and Pantanal basin are among the largest tributary fluvial systems spread across the planet. This study presents a comparative review of the morphometric and hydrosedimentary of these megafans published since 1977. This review includes paleoenvironmental, paleoclimatic, stratigraphic, and geomorphological data. The fluvial avulsions are responsible for the largest and constant changes in the Quaternary surfaces of both Chaco and Pantanal megafans. These systems are great producers of sediments. However, the large amount of this production remains retained in the basins (68% in the Chaco and 91% in the Pantanal). The analyzed megafans cover immense remote and difficult-to-access areas, as evidenced by the relatively low scientific production. On the other hand, the rapid changes in use and occupation may result in unknown alteration of natural processes. The megafans limits have been revised and adjusted based on the morphological characteristics observed in the digital elevation model compared to the literature data. We make these files available for download.

**Keywords:** Distributary Fluvial Systems; South America; Hydro-sedimentary dynamics; Avulsions.

## 1. Introdução

Megaleques são sistemas fluviais distributivos deposicionais complexos (HARTLEY et al., 2010; WEISSMANN et al., 2013) reconhecidos por processos de deposição de elevada carga sedimentar em forma de leque, que ocorre pela brusca mudança de topografia fluvial oriunda de áreas elevadas (bacias de captação em planaltos e montanhas) para regiões adjacentes com baixo gradiente topográfico (DeCELLES; CAVAZZA, 1999; HORTON; DeCELLES, 2001). Nestes sistemas a dinâmica fluvial é afetada ao longo do tempo geológico por impactos climáticos e tectônicos (LATRUBESSE; RESTREPO, 2014; ASSINE et al., 2015; LATRUBESSE et al., 2021). O emprego das terminologias distributivo e distributário pode ser observada em ambos os estudos supracitados, de modo que neste artigo os autores optaram pelo emprego de “sistemas distributários”.

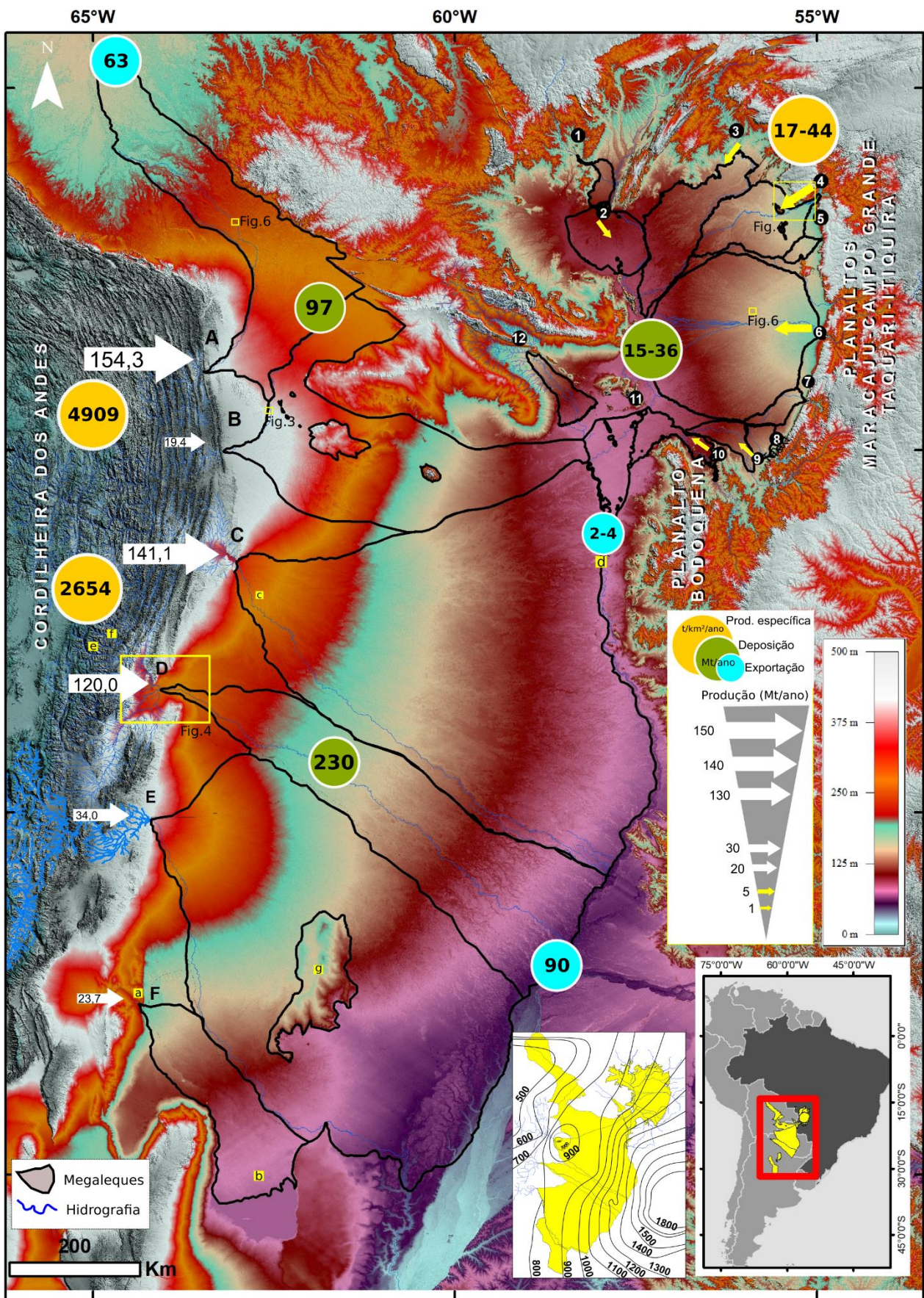
Leques (aluviais/fluxo de detritos) distinguem-se de leques fluviais essencialmente pelos mecanismos de transporte e deposição dos materiais, pelo gradiente topográfico e pela dimensão que seus depósitos abrangem. Ambos são sistemas vizinhos/circundados por terrenos elevados, que ao deixar áreas topograficamente mais altas (cadeia de montanhas, planaltos, escarpas) adentram em bacias sedimentares adjacentes e depositam os sedimentos (HARTLEY et al., 2010; DeCELLES; CAVAZZA, 1999). Enquanto os leques dominados por fluxos gravitacionais são sistemas com centenas de metros ou poucos quilômetros (<10<sup>2</sup> km<sup>2</sup>) com gradiente topográfico elevado (0,1 – 0,01 – STANISTREET; McCARTY, 1993; LEIER, DeCELLES, PELLETIER, 2005 ) os leques fluviais possuem sistemas com dezenas a centenas de quilômetros (>10<sup>3</sup> a 105 km<sup>2</sup>; (STANISTREET et al., 1993; HORTON; DeCELLES, 2001; ASSINE et al., 2016b) além de possuir gradiente topográfico entre 0,001 e 0,0003 (STANISTREET; McCARTY, 1993), que dado seu tamanho são denominados megaleques.

Os leques fluviais são construídos por rios, cuja forma geralmente é semicircular, com baixa declividade e rede de drenagem radial que dispersa o fluxo do ápice de sua franja (SCHUMM, 1977). Os rios deste tipo de sistema, ao adentrar nas áreas de deposição mudam constantemente sua localização, depositam grande quantidade de materiais formando corpos sedimentares em forma de leques ou lobos (DeCELLES; CANVAZZA, 1999). Megaleques tem sido associados à condições climáticas com maior sazonalidade e chuvas torrenciais com grande aporte sedimentar (LEIER et al., 2005), bem como sua presença em diferentes contextos geotectônicos pelo planeta (WEISSMANN et al., 2010), verdadeiros proxies climáticos da variabilidade de precipitação (HANSFORD; PLINK-BJÖRKLUND, 2020).

Dentre mais de 700 sistemas fluviais distributivos (SFD) espalhados por todo o planeta (leques aluviais, leques fluviais e megaleques fluviais), os maiores são encontrados no coração da América do Sul (Figura 1), em especial nas bacias sedimentares do Chaco e do Pantanal (LATRUBESSE, 2015; WEISSMAN et al., 2010; 2015). Apesar da magnitude destas feições geomorfológicas impressas na superfície desta região, são os leques da planície do rio Ganges, localizados no piemonte da cordilheira dos Himalaias os mais bem estudados (LATRUBESSE, 2015; SINHA, LATRUBESSE, NANSON, 2012 ; WEISSMANN et al., 2015).

Um maior interesse da comunidade científica sobre SFD foi observado na última década, resultado do aumento de estudos e publicações relacionados ao tema, que têm produzido valiosos dados sobre a gênese e evolução destes ambientes bem como seus múltiplos significados ambientais, hidrológicos e sedimentares (pretéritos e atuais). Pupim (2014) destaca o fato não haver consenso científico ao considerar aos sistemas distributários o maior registro sedimentar das bacias continentais. Esta questão promoveu rica discussão e revisão bibliográfica sobre o tema nos últimos anos e o resultado deste debate pode ser encontrado em Hartley et al. (2010), Weissmann et al. (2010), Fielding et al. (2012) e mais recentemente, na ampla revisão feita por Weissmann et al., (2015) e no texto de Latrubesse (2015).

A primeira referência sobre os SFD da região Central da América do Sul foi produzida na década de 1970, com a descrição e discussão dos grandes leques fluviais do Pantanal (ver texto de BRAUN, 1977). Posteriormente, interpretações semelhantes sobre a geomorfologia do Pantanal geraram debates sobre a evolução da bacia (TRICART, 1982; FRANCO; PINHEIRO, 1982; AB’SABER, 1988).



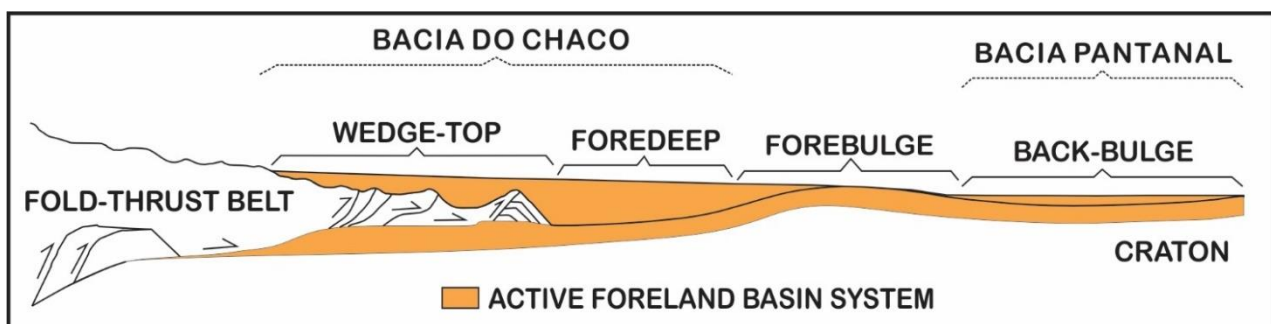
**Figura 1.** Distribuição dos megaleques fluviais nas bacias sedimentares centro ocidentais da América do Sul. MDE SRTM (2000) 90m sem correção de valores anômalos com sistema de projeção e datum GWS-84. Os ápices dos megaleques são indicados por letras (Chaco: Rio Grande, B) Parapeti, C) Pilcomayo, D) Bermejo, E) Juramento-Salado, F) Dulce) e números (Pantanal: 1) Jaurú, 2) Paraguai, 3) Cuiabá, 4) São Lourenço, 5) Itiquira, 6) Taquari, 7) Negro, 8) Taboco, 9) Aquidauana, 10) Miranda, 11) Nabileque, 12) Tucavaca. As setas brancas representam a produção de sedimento em suspensão (Pss) em milhões de toneladas ao ano (Referências na Tabela 1). Precipitação média anual regional entre 1971-2015 (mm/ano) modificado de Bidegain et al. (2017) e Urena et al. (2020). Toponímias descritas no texto estão destacadas em pequenos box amarelos com letras pretas com a localização aproximada: a) Santiago del Estero; b) Laguna de Los Porongos/Atual Lago Mar Chiquita; c) Pozo Hondo; d) Fecho dos Morros; e) rio Iruya; f) rio Pescado; g) Colinas de Otumpa.

Concomitantemente, o primeiro trabalho realizado sobre a bacia do Chaco foi escrito por Werding (1977 apud IRIONDO 1984; MAY, 2006; KRUCK et al., 2011), o qual discute os processos fluviais e eólicos na sedimentação no leque do rio Parapetí, seguido por Servant et al. (1981) que conduziu os primeiros estudos paleoambientais sobre as sequências de paleosolos e sedimentos no sudoeste da Bolívia, além dos trabalhos de Iriondo (1993), pioneiro no desenvolvimento de um amplo projeto de investigação sobre os registros geomorfológicos e os depósitos quaternários das planícies sul-americanas (National Geographic Society of USA - Grant 4127/89 e the National Research Council of Argentina - CONICET, PID 951/88 – IRIONDO, 1993). Anteriormente, estudos dispersos sobre o Gran Chaco foram organizados em relatórios técnicos nacionais do Paraguay (ECKEL, 1959) e da Argentina (IRIONDO, 1984).

Os recentes resultados obtidos pelos estudos produzidos sobre SFD desenvolvidos nas bacias do Chaco e Pantanal (últimas duas décadas) integram uma parte importante do avanço do conhecimento geomorfológico da América do Sul e permitem reconhecer semelhanças e divergências nos processos responsáveis pela gênese e evolução dos sistemas deposicionais. Ao considerar a inexistência de publicação que reúne estas informações produzidas, este artigo visa sintetizar e discutir os principais dados geomorfológicos publicados sobre os SFD destas duas bacias sedimentares, além de contribuir com dados inéditos e discutir a integração e desafios para os estudos futuros.

## 2. Área de Estudo

Ambas bacias sedimentares englobam uma intrincada estrutura climática situada entre latitudes tropicais e subtropicais que atuam sob diferentes domínios geológicos. Estão inseridas em um contexto geológico ativo de subsidência flexural da crosta continental Sul-americana (HORTON; DeCELLES, 1997), um sistema ativo de bacia de frente de cadeia ou retroarco (Figura 2). O Pantanal e o Chaco estão dispostos em diferentes zonas deposicionais, parte de um sistema de bacias intracratônica, preenchida por espesso pacote sedimentar originado desde Mioceno, cobertas por extensas planícies quaternárias em subsidência (FREITAS, 1951; HORTON; DeCELLES, 1997).



**Figura 2.** Perfil esquemático do sistema de bacia ativa de ante país (Foreland basin) e o posicionamento das bacias do Chaco e Pantanal. A esquerda a representação do cinturão de dobramento (Fold-Thrust Belt), seguido das zonas deposicionais flexurais. Modificado de Horton e DeCelles (1997).

Neste contexto, o Chaco está localizado na área de bacia de retro arco (wedge-top e fore-deep) que se funde ao sul com a plataforma pampeana (Figura 2), correspondente a maior área da superfície do planeta coberta por megaleques (LATRUBESSE et al., 2021). A bacia do Pantanal (Figura 2), por sua vez, tem sua origem atribuída a esforços distensionais da bacia do Chaco durante a orogenia andina (ALMEIDA; LIMA, 1959 e ALMEIDA, 1965; CHASE, SUSSMAN, COBLENTZ, 2009), é considerada por alguns autores como uma bacia deposicional fore-bulge (SHIRAIWA, 1994; USSAMI, SHIRAIWA, DOMINGUEZ, 1999), ou interpretada por outros autores como bacia back-bulge (HORTON; DeCELLES 1997; CHASE, SUSSMAN, COBLENTZ, 2009;; MCGLUE et al., 2016). Assine (2015), King (1956) e Almeida e Carneiro (1998) atribuem a origem e evolução da bacia como resultante de processos epigênicos cenozóicos regionais.

Desde o início do século XXI, estudos apontam para a relação da tectônica ativa de ambas as bacias sedimentares e a alteração e evolução da paisagem, com destaque para os ajustes do nível de base de erosão e as mudanças observadas na rede de drenagem (PARANHOS FILHO et al., 2017; THALMEIER, RÖHLING, BRUNETTO, 2021). Os produtos da erosão ativa na zona subandina e o transporte de sedimentos clásticos para as bacias de retroarco de “foreland”, produziu um registro substancial de sedimentação cenozóica não marinha, acumulando até 3 km de rochas terciárias e depósitos aluviais quaternários (GUBBELS et al., 1993; HORTON; DeCELLES, 1997; THALMEIER, RÖHLING, BRUNETTO, 2021).

No Pantanal, um pacote sedimentar inferior a 500m preenche a bacia (USSAMI et al., 1999; CHASE, SUSSMAN, COBLENTZ, 2009; STEVAUX et al., 2020), formado por sedimentos removidos dos terrenos elevados circunvizinhos (>500 m a.n.m), compostos por rochas pré-cambrianas e paleozóicas pertencentes ao Escudo Central Brasileiro e Bacia Sedimentar do Paraná (LACERDA FILHO et al., 2004; 2006).

O clima nesta região da América do Sul exerce papel fundamental na dinâmica hidrossedimentar nas duas bacias sedimentares. No Chaco, ocorrem variações climáticas de norte ao sul da bacia, desde frio semiárido em grandes altitudes nas bacias de captação (COBINABE, 2010), monção equatorial na direção leste, seguido por clima de savana com verões quentes e úmidos a invernos secos, e ao sul, a partir da latitude de 30°, ocorre o clima temperado seco e úmido (ALHO, 2005; KOTTEK, et al., 2006). O deslocamento dos fluxos de ar úmido provenientes do clima setentrional influencia diretamente a precipitação sazonal na bacia (McGLUE, et al., 2012; LATRUBESSE; RESTREPO, 2014) e uma corrente de ar de baixo nível, denominada Jato Sul-americano de Baixo Nível (South American Low-Level Jet – SALLJ) é acionada, transportando significativas quantidades de núcleos de umidade para a região centro-sul do Chaco (SELUCHI et al., 2003; MAY, 2013).

O SALLJ pode ocorrer ao longo de todo o ano, devido ao efeito de bloqueio orográfico dos Andes (MARENCO et al., 2004) e ocasionar elevadas precipitações na região subandina em qualquer época do ano. Na cordilheira subandina a precipitação anual é de 1000–1300 mm/ano, cujos ventos orientais descarregam quase todo o volume de precipitação ao longo de uma estreita borda geográfica a leste dos Andes (THALMEIER, RÖHLING, BRUNETTO, 2021). Em geral, a precipitação anual na bacia possui valores que diminuem de leste para oeste (Figura 01), 1300 – 700 mm (MAY, 2013; MCGLUE et al., 2016), enquanto que a evapotranspiração média anual entre os anos de 1970 e 2000 ao longo do megaleque do Pilcomayo e Bermejo (NW-SE) atingiram valores entre 1500 – 1350 mm (HALCROW; SERMAN, 2006).

O clima na Bacia do Pantanal se divide em verões úmidos e invernos secos. As condições de temperatura e precipitação são típicas do clima de monções com forte sazonalidade entre a estação seca no inverno e alta precipitação no verão (KOTTEK et al., 2006; ASSINE et al., 2015). As bacias de captação possuem padrões climáticos diferentes do interior da bacia sedimentar, as quais em sua maior parte estão localizadas em áreas elevadas, ocorrem desde o úmido amazônico ao norte (ASSINE et al., 2016b) ao clima equatorial com inverno seco de savana no Chaco setentrional (KOTTEK et al., 2006).

Na bacia do Pantanal predominam precipitações no verão (PLINK-BJÖRKLUND, 2015), influenciadas pela Zona de Convergência Intertropical – ZCI e Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS (McGLUE et al., 2011). A precipitação na bacia diminui de leste para oeste e de norte a sul (Figura 01), com valores entre 1200 e 2100 mm/ano nos planaltos situados ao norte-nordeste e 700-1200 mm/ano na borda sul e sudeste da bacia (GARREAUD et al., 2009). Próxima à divisa com a Bolívia, durante o período seco precipitação é inferior a 300 mm/ano (ASSINE et al., 2016b). O balanço hídrico anual na bacia do Pantanal é negativo, com taxas de evapotranspiração ligeiramente superiores à precipitação (ZAVATINI, 1990; McGLUE et al., 2011).

As condições climáticas e topográficas de ambas as bacias abrigam vastas áreas úmidas, reconhecidas mundialmente por suas riquezas naturais, biodiversidade, beleza cênica (POR, 1995; JUNK et al., 2006; KEDDY et al., 2009; ASSINE, 2015), além de contribuir substancialmente para a estocagem de carbono, água, sedimentos, controle de inundações, produção de peixes e regulação do clima global entre muitas outras multifunções (KEDDY, et al., 2009; GUMBRICHT et al., 2017; STEVAUX et al., 2020). No presente, 14 áreas úmidas de importância mundial estão localizadas nas Bacias do Chaco e Pantanal registradas na lista da Convenção Ramsar das áreas úmidas com significativo valor ambiental de reconhecimento internacional com prioridade para preservação de suas características ecológicas.

A vegetação existente nas bacias reflete as diferentes condições topográficas, climáticas e pedológicas ao longo das bacias de captação e SFD. A presença ou ausência de água condiciona a mosaico florístico regional que abrange desde áreas frias e secas sem vegetação nos limites ocidentais do Chaco perpassando por vegetações de puna (vegetação esparsa de áreas pedregosas e frias de altitude), gramíneas e arbustos secos, floresta de yungas (vegetação de áreas temperadas e quentes das encostas dos Andes), floresta tropical e diferentes tipos de savanas, com áreas dominadas por gramíneas e vegetações semidecíduas, além de áreas palmeiras e ambientes inundados com presença de higrófilas (HALCROW-SERMAN, 2007; COBINABE, 2010; TACCHINO, 2015). Pressões antrópicas ao longo das últimas cinco décadas modificam a vegetação natural para dar lugar à agricultura e pecuária (GUYOT, BOURGES, CORTEZ, 1994; CARVALHO et al., 2005) perfazendo a atual configuração da maior parte da superfície dos SFD.

## 2. Materiais e Métodos

O desenvolvimento desta pesquisa combinou a compilação de dados publicados sobre os megaleques das bacias do Chaco e Pantanal desde o final da década de 1970 e o uso de ferramentas de geotecnologias, mapeamento geomorfológico e a produção de informações inéditas sobre estes SFD.

Informações morfométricas, geomorfológicas e sedimentares (valores de produção, transporte e deposição) publicadas sobre as bacias sedimentares do Chaco e Pantanal foram compiladas e estruturadas para análise e comparação das principais características físicas dos megaleques existentes. Foram analisados 94 textos obtidos a partir do sistema de periódicos da Capes (Plataforma Cafe) e acervo digital da Universidade do Kentucky, organizados em ambiente digital no software My EndNote Web (Clarivate Analytics webpage - <https://www.myendnoteweb.com/>).

Dados altimétricos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 90 m (sem correção de valores anômalos) foram utilizados para construção de modelo digital de elevação (MDE) com uso dos softwares Global Mapper 17.0.05 e ArcMap 10.2. (ESRI, 2004). Os intervalos de altitude e rampa de cores do MDE foram ajustados manualmente com a utilização proposital de cores contrastantes para ressaltar feições geomorfológicas de baixa amplitude topográfica da superfície das bacias sedimentares e destacar os SFDs. O MDE gerado foi utilizado para extrair perfis longitudinais da superfície dos megaleques, auxiliar na identificação e ajuste dos limites dos megaleques e calcular dados morfométricos inexistentes na literatura. A ferramenta Path Profile/Line of Sight, do software Global Mapper, foi utilizada com interpolação dos valores ausentes do SRTM para elaborar os perfis longitudinais de elevação dos megaleques do Pantanal.

Foram utilizadas imagens multitemporais Landsat 5 e 8, RapidEye e Google Earth e cenas Esri do banco de dados "World Wayback imagery". O editor gráfico Inkscape (versão 0.92.4) foi utilizado para organizar e melhorar a qualidade visual das figuras apresentadas no texto.

Os limites dos megaleques utilizados neste estudo foram gerados com base em Assine et al. (2015) para o Pantanal e Zani e Assine (2012), Latrubesse et al. (2012) e McGlue et al. (2016) e Thalheimer (2021) para os megaleques do Chaco. Os limites de todos os megaleques foram revisados, ajustados e os arquivos digitais (.shp) estão disponibilizados nos dados complementares do artigo de forma a contribuir abertamente para correções e avanços na delimitação dos sistemas analisados pela comunidade científica.

### 3. Resultados

Foram utilizados 94 textos de produzidos nos últimos 30 anos sobre os megaleques das bacias do Chaco e Pantanal, com ênfase nas características geomorfológicas e sedimentares, dos quais 58% perfazem estudos sobre os SFD do Pantanal. Os resultados foram organizados em dois grupos: morfometria e morfologia; características hidrossedimentares.

#### 3.1. Morfometria e morfologia

Os SFD analisados abrangem uma amplitude de 14° de latitude (entre 16° e 30° Sul) e 9° de longitude (entre 55° e 64° Oeste), perfazem uma área superior de 755 mil km<sup>2</sup> que somada às áreas das bacias de drenagem integram um sistema com cerca de 900 mil km<sup>2</sup> (Tabela 1).

**Tabela 1.** Dados morfológicos e hidrossedimentares dos megaleques do Chaco e do Pantanal.

		Área Leque (km <sup>2</sup> )	Elevação Mínima (m)	Elevação Máxima (m)	Eixo Long. (km)	Eixo Transversal (Km)	Perímetro (km)	IC	Kf	Área Bacia (km <sup>2</sup> )	Declividade média (cm/km)	Comprimento Canal principal*	Vazão média (m <sup>3</sup> /s)	Produção (Mt/ano)	Prod. Específica (t/Km <sup>2</sup> /ano)
<b>Bacia do Chaco</b>	Grande	55854	114	873	477	535	1646	0,26	0,2	59378	159,1	346	334	154,3	6510
	Parapetí	68663	89	701	490	158	1726	0,29	0,3	7456	124,9	174	38~90	19,4	2590
	Pilcomayo	210221	-10	382	704	365	2112	0,59	0,4	87349	55,7	180	204	141	1469
	Bermejo	71120	41	297	700	120	1641	0,33	0,1	51949	36,6	700	356	120	4800
	Juramento.S	204747	56	389	650	350	2471	0,42	0,5	41159	61,7	200	30	34	1066
	Doce	38657	58	206	812	330	1129	0,38	0,1	27557	18,2	240	98	23,7	1580
<b>Bacia do Pantanal</b>	Jaurú	1791	115	130	60	29	278	0,29	0,5	13888	25,0	108	~60	0,7	~5-70**
	Paraguai	9168	93	116	102	87	532	0,41	0,9	+50000	22,5	132	232	1,48	43,9
	Cuiabá	15420	90	155	267	86	952	0,21	0,2	7551	24,3	601	350	3,06	107,9
	S. Lourenço	12701	95	190	208	120	813	0,24	0,3	22000	45,7	570	150	4,2	192,9
	Itiquira	1170	109	165	65	26	181	0,45	0,3	8726	86,2	88	33	0,34	68,2
	Taquari	47973	85	190	264	260	868	0,80	0,7	24678	39,8	347	245	4,12	152,4
	Negro	2435	120	164	94	29	251	0,48	0,3	32513	46,8	117	51	#	<70**
	Taboco	1731	115	160	65	49	198	0,55	0,4	2469	69,2	75	#	#	<70**
	Aquidauana	3039	90	140	106	27	296	0,44	0,3	17410	47,2	203	81	1,41	92,9
	Miranda	4393	83	125	151	71	650	0,13	0,2	14050	27,8	247	83	1,75	148,8
	Nabileque	7641	70	90	163	64	726	0,18	0,3	+400000	12,3	332	10	#	20,2
Tucavaca	3819	80	155	129	31	337	0,42	0,2	15779	58,1	248	7	#	#	

\* Canal principal na superfície do megaleque. \*\* Estimativas para produção de sedimentos (ANA, 2018). #Dados ausentes na literatura disponível. Dados da Bacia do Chaco extraídos de Latrubesse et al. (2012), Latrubesse e Restrepo (2014); McGlue et al. (2016); Latrubesse et al. (2021); BDHI (2020); Thalmeier et al (2021) e bacia do Pantanal dados extraídos de Carvalho et al. (2005); Kuerten e Assine (2011); Corradini (2011); Corradini e Assine (2012); Pupim (2014); Pupim et al. (2017); Borges e Soares (2018); Merino e Assine (2019), e de dados inéditos para os megaleques dos rios Jauru, Itiquira, Taboco e Tucavaca. 1 - Vazão Q95 m<sup>3</sup>/s, estação Descalvados (ANA, 2018).<sup>2</sup> dados do PERH\_MS (2010). Índice de circularidade IC = (4πA/P<sup>2</sup>); Fator de forma Kf = (A/C<sup>2</sup>).

Com 840 mil km<sup>2</sup> a bacia do Chaco ou “*Gran Chaco*” (IRIONDO, 1993; COLTORTI et al., 2010; LATRUBESSE et al., 2012), possui área 5,6 vezes superior à do Pantanal (Figura 1). Além de sua dimensão, a bacia é reconhecida por ser uma das maiores planícies aluviais do planeta que abriga os maiores megaleques do mundo (MORELLO, 2012; LATRUBESSE, 2015; THALMEIER et al., 2018). Ela se estende por 1.200 km de norte a sul e ~720 km em seu eixo leste a oeste, localizado na região central no megaleque do rio Pilcomayo (HARTLEY et al., 2010; LATRUBESSE, 2015; THALMEIER et al., 2019). Cerca de 75% da superfície do Chaco é coberta pelos SFD (633.815 mil km<sup>2</sup>), sendo o megaleque do Pilcomayo o maior deles, com 34,1% da área total, cerca de 210 mil km<sup>2</sup> (Tabela 1).

A bacia do Pantanal possui área de 150 mil km<sup>2</sup> (PADOVANI, 2010; ASSINE, 2015), dos quais 80% são cobertos pelos SFD (121.167 km<sup>2</sup>). Sua área se estende por 735 km de norte a sul e 335 km de leste a oeste no eixo central, localizado no maior megaleque fluvial da bacia, o do rio Taquari, com ~48.000 km<sup>2</sup>, ocupando 45,2% da área dos SFD da bacia (Tabela 1).

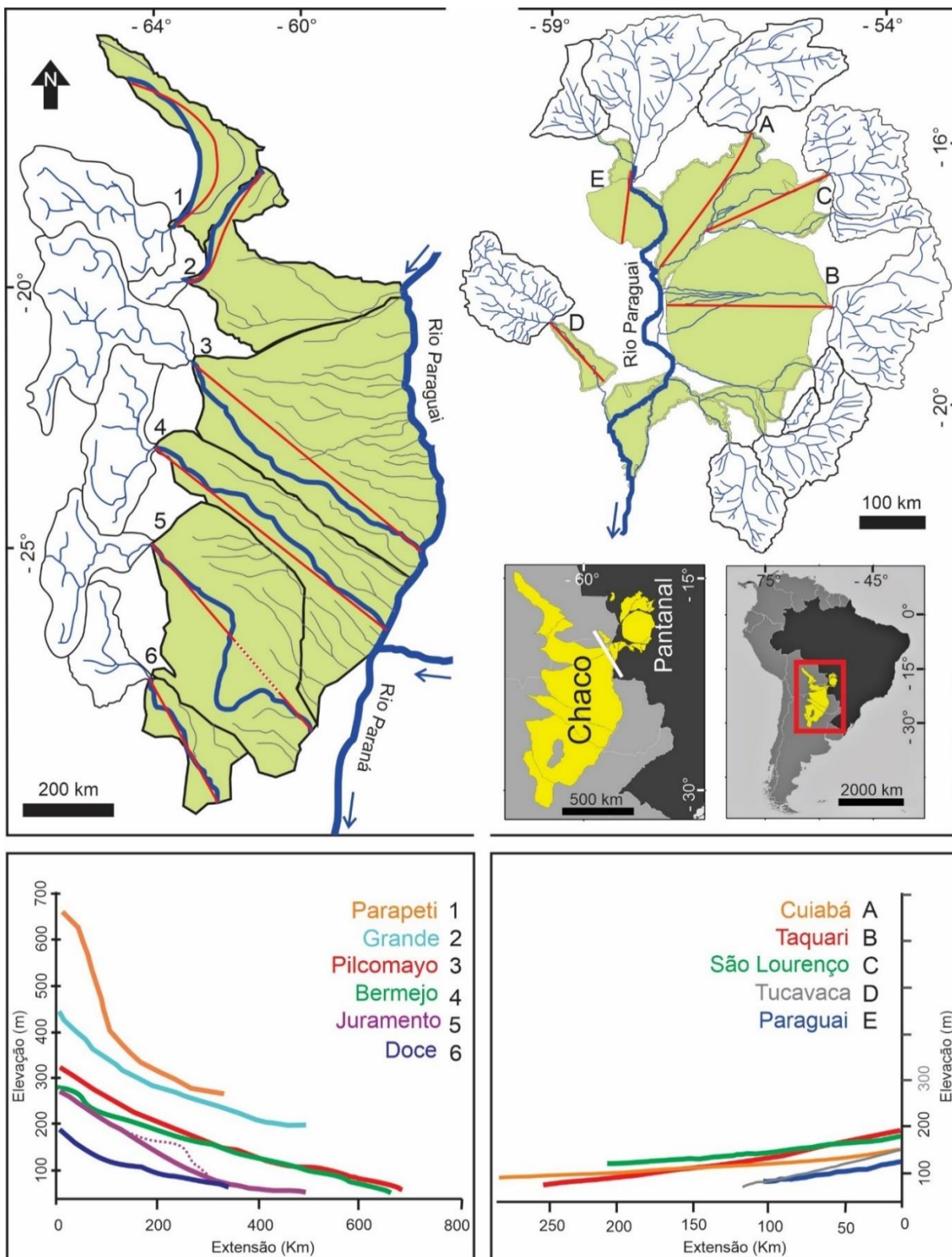
Perfis longitudinais da superfície revelam considerável disparidade morfológica entre os megaleques das bacias do Chaco e Pantanal (Figura 3, Tabela 1). O tamanho da bacia do Pantanal, menor em relação ao Chaco, é evidenciado no comprimento e declividade dos perfis longitudinais e na menor extensão dos perímetros dos megaleques (Tabela 1). Observa-se que os perfis são ligeiramente simétricos e possuem pendentes mais acentuadas, com valores de declividades semelhantes aos do Chaco. Os menores valores de gradiente de declividade no Pantanal são encontrados em trechos das planícies inter-leques, como por exemplo na planície do rio Negro com 9 cm/km (MERINO, et al., 2019) e trechos dos rios e superfície dos megaleques, como o rio Paraguai ao norte com 4,8 cm/km (ASSINE; SILVA, 2009, STEVAUX et al., 2020).

Deformação crustal ativa originou as Colinas de Otumpa na região central do megaleque do rio Juramento-Salado (Figura 1), cujas alterações das pendentes (Figura 3) alteraram processos erosivos e sedimentares ao longo de toda a superfície deste sistema, além de condicionar mudanças no padrão rede de drenagem (PERI; ROSSELLO, 2010; THALMEIER, RÖHLING, BRUNETTO, 2021). Gradientes de declividade acentuados encontrados nos megaleques dos rios Parapetí e Grande destoam dos valores e padrões dos demais megaleques do Chaco (Tabela 1), enquanto no Pantanal os gradientes possuem pendentes suaves e regulares.

O formato dos megaleques são variados e a existência de unidades geológicas elevadas ao longo da área de deposição ocasionam SFD confinados e ajustados às irregularidades topográficas, resultando em cones de dejeção com formatos não regulares em relação ao formato típico de leque. O índice de circularidade (IC) é menor nos megaleques dos rios Parapetí, Grande e Bermejo (< 0,3) no Chaco, enquanto no Pantanal, a maior parte dos megaleques possui índice de circularidade menor que 0,5 (Tabela 1). Apenas o megaleque do rio Taquari possui formato mais circular (0,80).

O rio Paraguai possui 2800 km de extensão desde suas nascentes até sua confluência com o rio Paraná (KREPPER, GARCIA, JONES, 2006), é o principal elemento integrador entre os SFD de ambas as bacias, atua como canal tronco e nível de base regional (ASSINE, 2004; LATRUBESSE et al., 2012; STEVAUX et al., 2020). Exclui-se desse conjunto de afluentes os rios Grande e Parapetí (Bolívia) que fluem para a bacia Amazônica ao norte, os rios Juramento-Salado (Argentina) que tem sua foz no rio Paraná, e o rio Doce que flui até a bacia do Lago Mar Chiquita (Argentina).

Em média, as áreas de captação dos SFD no Chaco são superiores às áreas do Pantanal, mas não é uma regra dizer que o maior megaleque possui a maior área de drenagem. Espaço de acomodação para a migração e progradação dos lóbulos deposicionais sugere ser o fator condicionante para a amplitude das áreas dos megaleques. A exemplo disso, a menor bacia de drenagem entre os megaleques do Chaco a do rio Parapetí (7456 km<sup>2</sup>) origina um megaleque com área superior à do rio Taquari, maior megaleque do Pantanal (Tabela 1), que por sua vez possui uma área superior ao megaleque do rio Doce (Argentina), cuja área de captação é maior em 2.800 km<sup>2</sup> em relação a do rio brasileiro.



**Figura 3.** Perfis longitudinais da superfície das bacias do Chaco e Pantanal (perfis SRTM e tabelas de atributos individuais estão disponíveis em material complementar). Os gráficos estão em escalas aproximadas para possibilitar comparações. Modificado de Latrubesse et al. (2021).

### 3.2. Características hidrossedimentares

Todos os rios dos SFD do Pantanal atingem o nível de base regional, enquanto na bacia do Chaco somente o rio Bermejo desenvolve um canal ativo desde os Andes até o rio Paraguai. Os demais canais desaparecem ao longo da porção distal de seus respectivos megaleques, cuja infiltração e ausência de água à jusante expõe ampla superfície arenosa do leito, permitindo a mobilização dos depósitos por ação eólica.

Dunas construídas ao lado do canal do rio Grande por ação eólica são visíveis no Chaco Boliviano, formadas pelo deslocamento eólico dos depósitos expostos do canal no período seco (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Parte dos rios no Chaco setentrional, possuem regime intermitente e apresentam dunas atuais produzidas pela deflação dos depósitos aluviais, em especial no Chaco boliviano (Figura 4). Campos de dunas parabólicas foram gerados durante o Holoceno superior nos megaleques dos rios Parapetí e Grande, estão relacionadas ligados aos ventos NS (IRIONDO, 1993). Tanto as dunas antigas quanto as atuais possuem orientação N - S e NW - SE em resposta à direção dos ventos dominantes vindos do Atlântico pela Amazônia (LATRUBESSE et al., 2012). Os ventos dominantes N, persistentes ao longo ano (velocidades médias acima de 4,5 m/s), produzem deflação, transporte de poeira e produzem dunas eólicas na planície do Chaco (HALMEIER, RÖHLING, BRUNETTO, 2021).

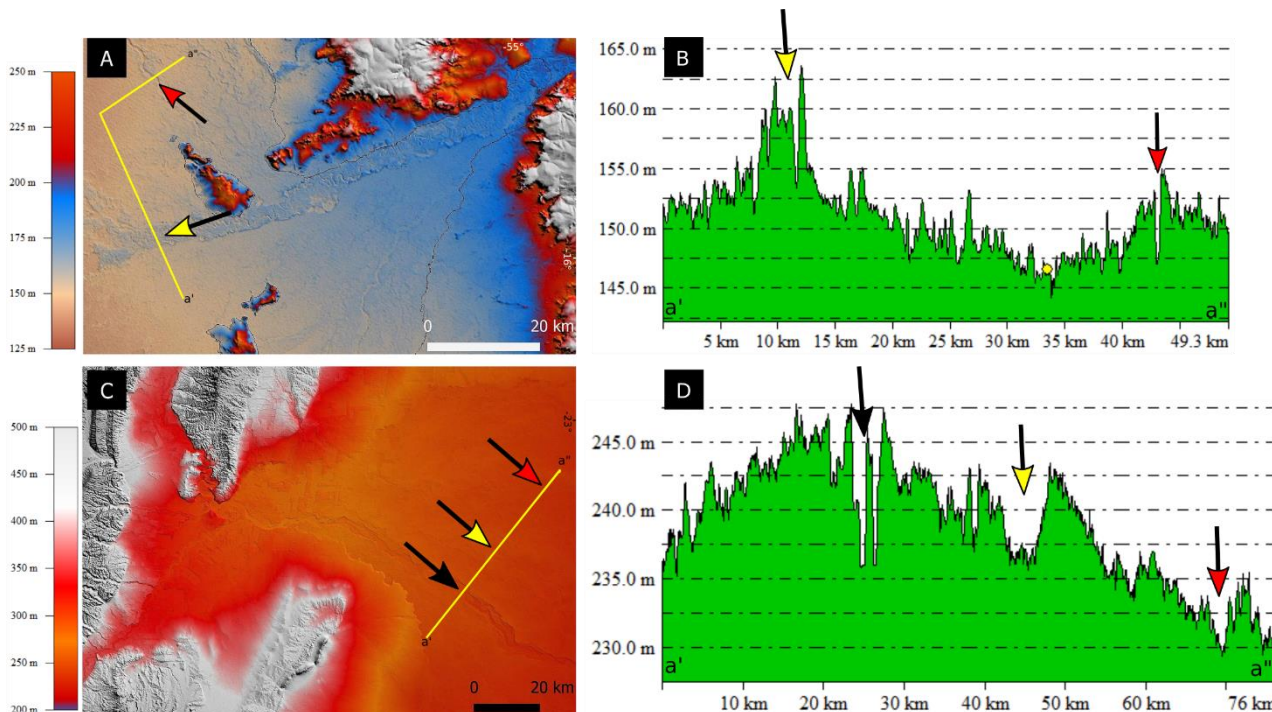
Na bacia do Pantanal não ocorrem ambientes eólicos ativos, os principais rios são perenes e deságuam no rio Paraguai. Um amplo arranjo de drenagem intermitente integra a superfície dos megaleques, espalhados pelos lóbulos deposicionais (atuais e pretéritos). Essa drenagem intermitente de natureza erosiva e/ou agradacional recebe localmente a denominação de “corixos e vazantes” (KUERTEN; ASSINE, 2011). Os corixos geralmente estão conectados às principais drenagens e podem ter maior tempo de residência de água ao longo do ano, enquanto que as vazantes atuam como linhas de escoamento entre diferentes áreas úmidas. Merino e Assine (2019), classificam as “vazantes” como uma rede tributária de canais de escoamento com média de cem metros de largura e, padrão variando desde retilíneo à sinuoso. O extravasamento das águas dos canais principais no Chaco durante os picos de vazão no verão também alimenta ampla rede de canais efêmeros e paleocanais reativados.



**Figura 4.** Vista parcial do leito do rio Parapetí (fluxo do canal para norte). Nesta cena a presença de dunas adjacentes ao canal fluvial (9 de outubro de 2019) evidenciam a atividade eólica concomitante à existência de cinturão fluvial móvel com elevada carga sedimentar. Em imagens CNES/AirBus 2019 disponíveis on-line pelo programa gratuito Google Earth Pró é possível visualizar nuvens de areia orientadas N-S ao longo do canal do rio Parapetí. Fonte: *Esri World Wayback imagery*.

Em ambas bacias, a superfície dos megaleques são marcadas por processos ativos de erosão (principalmente a incisão) e agradação vertical dos canais, o primeiro caso gera terraços e cinturões de meandros encaixados. Essa condição se mantém até o ponto de intersecção, no qual o sistema passa a ter característica distributária e ativamente deposicional. Este limite é definido pela intersecção da superfície topográfica do leque com seu nível de base regional ou perfil teórico de equilíbrio (ASSINE, 2003). Perfis topográficos dos SFD revelam o processo de agradação vertical na superfície dos leques com áreas a marcadas pela existência de planícies confinadas (encaixadas nos depósitos) e não confinadas (livres, com amplo espaço de acomodação lateral) cuja arquitetura geomorfológica exibe a presença de lóbulos deposicionais, que podem ser pretéritos se estiverem abandonados pelas drenagens e também modernos, os quais possuem canais ativos atuais (Figura 5). No Chaco a incisão e o entrincheiramento dos canais são visíveis nas regiões proximais dos megaleques com geoformas encaixadas sob depósitos primários, enquanto no Pantanal, modelos de elevação revelam cinturões de meandros também incisos (encaixados) porém, exibem nos MDEs uma topografia elevada em relação ao entorno (Figura 5).

Com base na análise dos estudos produzidos até o momento, é possível considerar avulsões como os processos mais comuns na construção e abandono de cinturões meandranters, canais aluviais, lobos distributários em ambas as bacias sedimentares (Figura 6). Estas constituem evidência muito clara da ativa dinâmica hidrossedimentar dos megaleques. Assine (2005; 2015), Assine (2016b) e Makaske et al. (2012) destacam o caráter hiperavulsivo dos rios do Pantanal, em especial o Taquari, cujo registro histórico das mudanças tem afetado sobremaneira a vida e a economia no interior do megaleque. No Chaco, o canal do rio Pilcomayo possui alta capacidade de alteração entre um ano para outro em resposta à elevada carga aluvial que integra grande quantidade de madeira e vegetação (MARTÍN-VIDE, AMARILLA, ZÁRATE, 2014; TACCHINO, 2015), fazendo com que trechos fiquem totalmente obliterados pelo material (Figura 7). Avulsões de grandes extensões também foram documentadas para o rio Bermejo (até 200 km), muitas delas ocorridas ao longo dos últimos 100 anos (IRIONDO, 1993; MCGLUE et al., 2016).



**Figura 5.** MDEs e perfis transversais da região proximal dos megaleques dos rios São Lourenço e Bermejo A) MDE do Megaleque do rio São Lourenço, as setas indicam a posição das feições do atual cinturão de meandros do rio São Lourenço (amarelo) e Paleocinturão de meandros (vermelho). B) As setas indicam a posição dos cinturões de meandros construídos pelo canal principal em um vale inciso. C) MDE do megaleque do rio Bermejo na zona deposicional *Foredeep* (MCGLUE et al., 2016) e a indicação do cinturão de meandros atual (preto) e paleocinturões de

meandros (amarelo e vermelho). D) O processo de incisão vertical pode ser reconhecido pela morfologia dos cinturões de meandros ativos e pretéritos no megaleque do rio Bermejo bem como nos demais megaleques da bacia do Chaco e Pantanal.

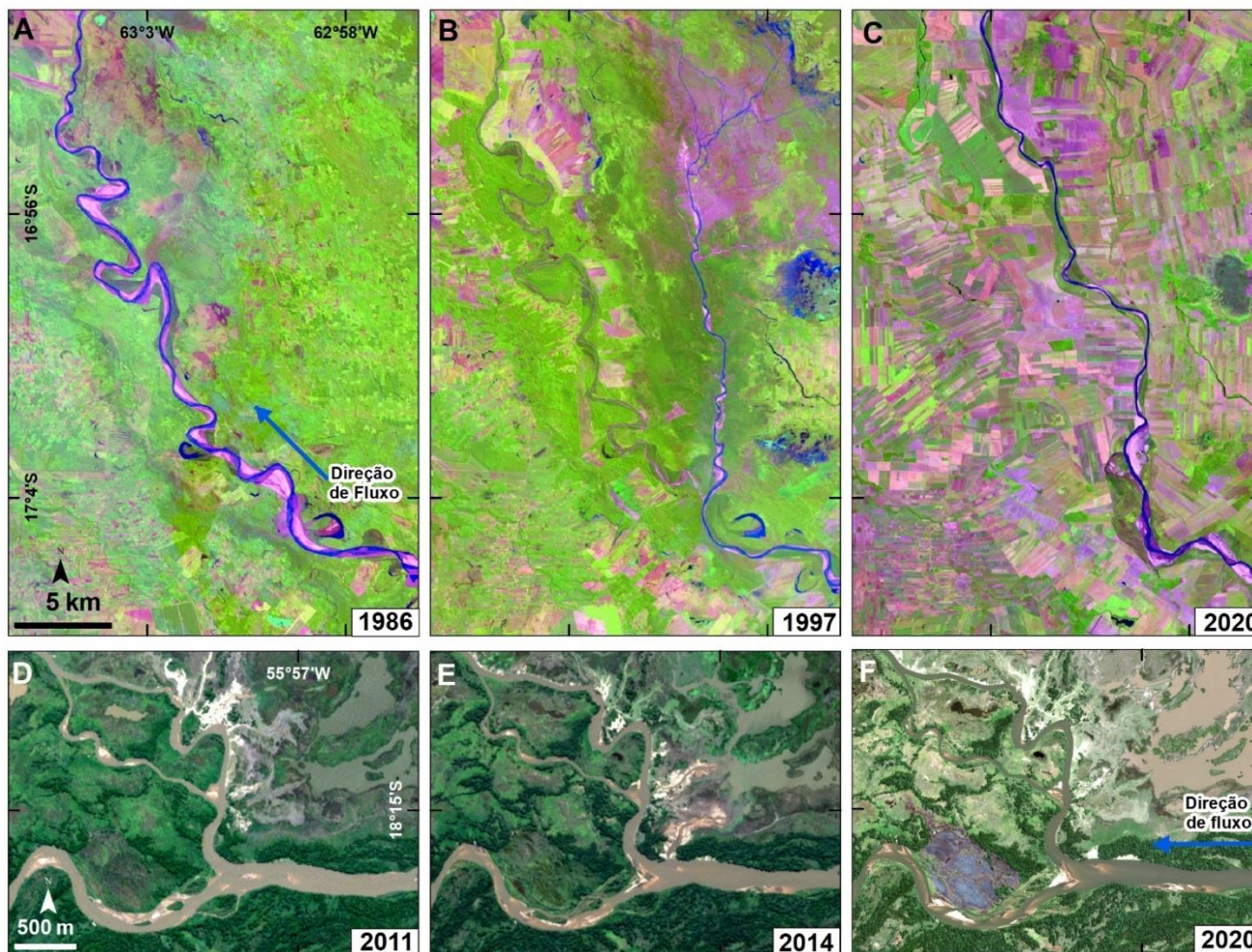
O Chaco e o Pantanal atuam como armadilhas sedimentares continentais que retêm a maior parte dos sedimentos produzidos pelas áreas de drenagem. Latrubesse e Restrepo (2014) estimam que mais de 60% dos sedimentos produzidos pelos rios que formam os megaleques do Chaco cheguem até os leques e permanecem entre as bacias de captação nas montanhas, leques aluviais de piemonte, planícies e zonas úmidas a montante. No Pantanal, as séries históricas da carga de sedimentos em suspensão indicam uma produção de 17,4 Mt/ano (Tabela 1) com retenção de 56% desse total (CARVALHO et al., 2005). Para outros pesquisadores (ASSINE et al., 2015) esse valor pode chegar a 25 Mt/ano, dos quais até 90% desse total pode ficar retido na bacia do Pantanal (ASSINE et al., 2015). Com base nos resultados publicados por Carvalho et al. (2005) e estimativas da produção de sedimentos na bacia do rio Paraguai divulgados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2018) pode-se aventar uma produção total de sedimentos superior a 44 Mt/ano (Tabela 1).

Na bacia do Chaco o conjunto de tributários dos Andes produzem cerca de 2.654 milhões de toneladas de sedimentos ao ano, dos quais, 332 Mt/ano são depositados nos megaleques chaquenos (LATRUBESSE; RESTREPO, 2014). O rio Grande é o maior produtor, com uma média de 154,3 Mt/ano (Figura 1 e Tabela 1). No Pantanal, o rio Taquari é a principal fonte de sedimentos em suspensão (Figura 1 e Tabela 1), corresponde a 72% do total, aproximadamente 16 Mt/ano (ASSINE et al., 2015), seguido pelo rio São Lourenço e Cuiabá, com 4,2 e 3,0 Mt/ano respectivamente (CARVALHO et al., 2005).

Destaca-se que em afluentes do rio Bermejo (terceira maior fonte de sedimentos), a carga de sedimentos em suspensão atinge valores extremamente elevados, como é o caso dos rios Pescado e Iruya (Figura 1) que juntos correspondem a 47% do total de sedimentos transportados pelo rio Bermejo (AMORES, SALERMO, BREA, 2005). Estes rios também apresentam elevada produção específica de sedimentos com valores de 14.118 e 8.349 t/km<sup>2</sup>/ano respectivamente, propiciando elevadas concentrações de sedimentos em suspensão com picos de até 40.000 mg/L (LATRUBESSE et al., 2005; LATRUBESSE; RESTREPO, 2014). No Pantanal, por sua vez, as estimativas mais altas de produção de sedimentos nas bacias de captação não ultrapassam 400 t/km<sup>2</sup>/ano (ANA, 2018) e a concentração da carga suspensa no rio Paraguai (Estação cód. 1926S05724W0 - Porto Esperança) não ultrapassou 98,07 mg/L (série histórica entre 2000 e 2020 – ANA, 2021). Merece destaque o fato de que do total de sedimentos produzidos nas zonas de drenagem nos Andes não foram encontradas publicações com dados e séries históricas da produção de sedimentos dos principais rios do Chaco nas porções distais dos SFD, portanto, não foi contabilizada a quantidade de sedimentos gerados pelos processos erosivos ao longo dos megaleques, tais como avulsões, retrabalhamento de depósitos, erosão marginal e superficial dos megaleques.

Alguns rios do Pantanal depositam a maior parte da carga de sedimentos em suspensão antes de atingir o rio Paraguai. Merino (2016) e Merino e Assine (2019) revelaram elevadas taxas retenção dos sedimentos em alguns rios do Pantanal, como por exemplo o rio Aquidauana que apresenta até 99% de retenção, seguido por 92% no rio Negro e de 79% no rio Miranda. Parte do material depositado é visível ao longo dos cinturões de meandros e canais sob barras em pontal, diques marginais e depósitos de planície após inundações.

As depressões tectônicas e corpos de água na porção distal dos SFD do Chaco atuam como armadilhas para a maior parte dos sedimentos produzidos pelas bacias de drenagem (IRIONDO, 1993; McGlue et al., 2016; LATRUBESSE et al., 2021). A ação de falhas geológicas provoca a subsidência de blocos tectônicos e são responsáveis, não apenas pelas mudanças na direção dos canais dos rios no Pantanal (ASSINE; SILVA, 2009; MERINO, ASSINE, PUPIM, 2013; KUERTEN et al., 2013; MACEDO et al., 2014; ASSINE et al., 2016a; PUPIM, ASSINE, SAWAKUCHI, 2017), como também pela geração de espaços de acomodação para sedimentos. Um bom exemplo é o do amplo lago fluvial “escondido” sobre macrófitas que foi identificado na planície do rio Negro, corresponde à uma extensa área úmida (1100 km<sup>2</sup>) situada entre os megaleques fluviais dos rios Taquari, Aquidauana e Miranda (MERINO; ASSINE, 2019).



**Figura 6.** Avulsões dos rios Grande (Bolívia) e Taquari (Brasil). Mudança do canal principal do rio Grande pode ser observada entre as cenas de 1986 (A) e dezembro 1997 (B), com abandono total do canal visível em dezembro de 2020 (C); Nas imagens D, E e F é possível visualizar a avulsão do canal do rio Taquari com a divisão do fluxo em 2011 (D), seguido pelas cenas de 2014 (E) e 2020 (F) com a redução do fluxo no canal principal, ampliação do novo canal. Depósitos de crevasse podem ser observados nas cenas D, E e F bem como canais secundários abortados durante a avulsão. As setas azuis indicam o sentido do fluxo (Flow Direction). Fontes: A, B – Landsat 5; C – Landsat 8; D, E – RapidEye; F – Google Earth, 2020.



**Figura 7.** Formação de *log jam* em canais do Pilcomayo na região de Formosa (Argentina). Predominam troncos de *Tessaria integrifolia* (MARTÍN-VIDE, AMARILLA, ZÁRATE, 2014) depositada no canal. A imagem da esquerda data do ano de 2011 Fonte: Amarillha (2014) apud Tachhino, (2015). Imagem da direita foi extraída de (MARTÍN-VIDE, AMARILLA, ZÁRATE, 2014).

A existência de espaços de acomodação entre os megaleques do Pantanal (Figura 1) sinalizam a movimentação diferencial de blocos tectônicos, locais estes reconhecidos no Pantanal pela presença de áreas alagadas, ambientes com maior tempo de permanência de água (ASSINE et al., 2015). A formação destes espaços também pode ser resultante da própria geometria de construção dos megaleques com formatos ligeiramente convexos (para cima) nas áreas centrais em perfis transversais ao sentido da bacia (CORRADINI, 2011; NASCIMENTO, 2012; PUPIM et al., 2014; MERINO et al., 2015; GREGÓRIO, FANCINCANI, AMORIM, 2016) e suavemente côncavo nos limites laterais entre os sistemas com coalescência de leques e planície fluviais. Essas áreas deprimidas muito planas situadas entre os megaleques do Pantanal são denominadas planícies interleques, marcadas pela presença de canais meandantes, com acentuada dinâmica geomorfológica de abandono de canais e ruptura de meandros (MERINO et al., 2015). Estas áreas são drenadas por rios que nascem nos planaltos e que possuem tempo de inundação maior que nas porções distais dos megaleques, cujo escoamento extremamente lento ou nulo configura ambientes com alta taxa de sedimentação (ASSINE et al., 2016a).

No Chaco, Thalmeier et al. (2021) descreve a existência de áreas deprimidas entre os megaleques dos rios Salado e Dulce tal como no Pantanal (ASSINE et al., 2016b), um sistema interleques (SINHA; FRIEND, 1994). No entanto, a presença de diferentes áreas úmidas como o *Estero Patiño* no megaleque do Pilcomayo (24° 4'58.72"S/ 59°49'43.73"O), o Mar Chiquita no megaleque do rio Doce (30°42'S/62°34'O), o *Bañado de Izozog* no megaleque do rio Parapetí (17°56'S/ 61°43'O) também configuram ambientes de acomodação sedimentar, este último atua como nível de base regional e ponto coletor final do rio Parapetí (LATRUBESSE et al., 2012). O *Bañado de Copo* (25°40' S), uma área pantanosa que atua como nível de base local, recebe o rio Salado que passa a fluir com metade de sua vazão e promove a redução dos sedimentos transportados para silte fino (THALMEIER, RÖHLING, BRUNETTO, 2021).

#### 4. Discussão

O arqueamento da crosta terrestre na região central da América do Sul produziu uma série de zonas deposicionais que possibilitaram, ao longo de 20 milhões de anos, o preenchimento por amplo trato deposicional, no presente coberto por megaleques quaternários que modificam a superfície em razão da dinâmica hidrossedimentar. Imagens de sensoriamento remoto com elevação residual da superfície dos SFD das bacias revelam discretas feições geomorfológicas presentes nas superfícies extremamente planas, bem como os espaços limitados e os disponíveis para a acomodação de sedimentos e água (ZANI; ASSINE, 2012; MCGLUE et al., 2016; MERINO; ASSINE, 2019).

Os paleocanais existentes na superfície dos megaleques de ambas bacias sedimentares, são resultados do caráter hiperavulsivo dos SFD, uma resposta à sedimentação de elevada carga sedimentar produzida pelas bacias de drenagens (Tabela 1). A conjuntura de fatores geológicos, hidrológicos e climáticos promoveu ao longo do tempo geológico múltiplas mudanças na paisagem dessas bacias, que resultaram na construção de alguns dos maiores megaleques do planeta, muitos dos quais ainda são pouco estudados, com destaque para a escassez de informações sobre os megaleques dos rios Juramento-Salado e Doce no Chaco e dos rios Itiquira, Piquiri, Jauru, Taboco, Negro e Tucavaca no Pantanal.

A disparidade de produção científica nestas áreas fica evidente quando se analisa relatos produzidos estudos publicados sobre a de dificuldades em pesquisas realizadas no Pantanal (KUERTEN, 2010; MERINO, 2011; PUPIM, 2014; MENDES, 2014; GUERREIRO, 2016; FONSECA, 2015; McGLUE et al., 2015; RASBOLD et al., 2019; THALMEIER, RÖHLING, BRUNETTO, 2021), cujos desafios perpassam entre percorrer grandes distâncias desabitadas e atingir locais de interesse com difícil acesso, mesmo com auxílio de diferentes meios de transporte (terrestre, aquático, aéreo). Somam-se a estes fatores a natureza dos locais com difícil acesso por terrenos alagados,

ausência ou má conservação de estradas, cercas e porteiras, falta de pontes, além das condições climáticas extremas que possibilitam pequenas janelas de acesso.

A forma dos megaleques resulta do espriamento e elevada taxa de deposição sedimentar em forma de leques (DeCELLES; CAVAZZA, 1999). Os megaleques do Chaco Boliviano (rio Grande e rio Parapetí) são assimétricos, controlados por estruturas litológicas da borda ocidental (NW), enquanto o Bermejo com formato de leque alongado, constrói seus lóbulos em coalescência com os megaleques do rio Pilcomayo ao Norte e do rio Juramento-Salado ao sul. No Chaco, somente o rio Pilcomayo constrói um leque com formato típico condicionado pela existência de amplo espaço para a migração e progradação dos lóbulos deposicionais.

No Pantanal, os megaleques dos rios Taquari e Paraguai são os únicos que apresentam típico formato de leque, localizados em áreas da bacia com maior espaço de acomodação e migração lateral dos lóbulos, além de não possuir controles geológicos tão expressivos como no Chaco (Figura 1). Os demais megaleques do Pantanal possuem algum controle geológico, somado à coalescência lateral e a natureza da topografia convexa da construção de lobos deposicionais e limites inter-leques que atuam níveis de base regionais entre os SFD do Pantanal. O megaleque do rio Cuiabá possui baixo índice de circularidade (Tabela 1), cujo formato irregular decorre da presença da Faixa Alto Paraguai, uma unidade tectônica neoproterozóica em forma de arco orientado na direção NE-SW (PUPIM, 2014). Os megaleques do rio Miranda e Nabileque, com o menor índice de circularidade (Tabela 1) refletem a existência do controle estrutural exercido pelo Planalto da Bodoquena (Figura 1) e as planícies inter-leques do rio Negro e Paraguai (KUERTEN et al., 2011, PUPIM et al., 2017).

Muitos dos SFD mapeados no planeta possuem em comum o rompimento de diques marginais e a migração de canais via avulsão a partir dos pontos de intersecção (WEISSMANN et al. 2013). As avulsões fluviais são os principais e mais notáveis processos sedimentares registrados em ambas as bacias sedimentares e responsáveis por grandes e constantes mudanças dos canais dos SFD. As mudanças geomorfológicas registradas na superfície dos megaleques, foram mais intensas na bacia do Chaco durante o Pleistoceno, enquanto a bacia do Pantanal experimentou mais alterações no período holocênico (SERVANT, FONTES, RIEU, SALIEGE, 1981; IRIONDO, 1993; GEYH et al., 1996; ASSINE; SOARES, 2004; MAY, ARGOLLO, VEIT, 2008a,b; LATRUBESSE et al., 2012; ASSINE et al., 2014; PUPIM, ASSINE, SAWAKUCHI, 2017; GUERREIRO et al., 2018).

No passado, os rios Parapetí e Grande construíram lobos deposicionais que atingiam o nível de base regional (rio Paraguai), no entanto, avulsões holocênicas alteraram o curso principal dos rios, abandonando seus antigos leitos, cinturões de meandros e lóbulos deposicionais (MAY, 2011; LATRUBESSE et al., 2012). Estes canais que outrora tinham no rio Paraguai o nível de base regional, são agora tributários da bacia Amazônica, bacia do rio Mamoré. Apesar da mudança de curso do Parapetí, o canal não atinge a drenagem do rio Grande ou Mamoré, mas desaparece ao longo do Bañado de Izozog (Bolívia), uma ampla área pantanosa que atua como nível de base para este SFD. O atual perfil longitudinal do megaleque do Parapetí possui um maior gradiente de declividade em relação aos demais canais do Chaco (Figura 3) e reflete o desequilíbrio do Sistema.

Avulsões documentadas nos séculos XVII (mapas de Henard, 1647 apud FABBIAN et al., 1979) e XVIII (mapas de L'Isle 1703; Cardiel, 1756; 1760; 1772; Camaño, 1789 apud FABBIAN et al., 1979) revelaram que os rios Juramento-Salado mudaram sua foz para o rio Paraná, além de confluir com o Rio Doce em 1789 para juntos desaguardem na direção sul até Laguna del Porongos, ocupado pelo atual Lago Mar Chiquita (desde Santiago Del Estero – Argentina 27°48'19.37"S / 64°15'54.09" O - Figura 1; FABBIAN et al., 1979). Thalmeier, Röhling, Brunetto (2021) ressaltam que apesar dos erros intrínsecos nos mapas históricos do "Gran Chaco" e em seu intervalo de tempo, são evidentes os sucessivos deslocamentos do rio Salado em direção sudeste, bem como sua interação com o rio Dulce durante o período da Pequena Idade do Gelo (LIA). Mapas jesuítas mais recentes (1807, 1865 e 1866) indicam que o rio Salado já estava localizado na atual faixa fluvial fluindo para o Paraná, e o rio Dulce desaguardo no lago Mar Chiquita em 1867 (Thalmeier, Röhling, Brunetto, 2021).

Peri e Rossello (2009) e Thalmeier, Röhling, Brunetto, (2021) destacam que os canais no megaleque do rio Juramento-Salado abandonaram o padrão paralelo radial da área proximal do leque pelo basculamento das superfícies de deposição e assumiram padrões radiais associados controles tectônicos. Enquanto que o acentuado perfil longitudinal atual do megaleque do rio Parapetí (Figura 3) reflete a mudança de direção do canal principal e os depósitos do megaleque para a bacia do rio Grande-Mamoré, em direção norte (MAY, 2011; LATRUBESSE et al., 2012), sob o antigo traçado deste megaleque em direção ao rio Paraguai o perfil mantém forma côncava, suave

e homogênea, idêntica aos atuais perfis dos megaleques dos rios Pilcomayo e Bermejo, evidência de uma grande avulsão deste SFD.

Os rios Bermejo e Pilcomayo apresentam taxas de migração de até 30 metros por ano (FARÍAS; CAFARO, 2010). Pontualmente o rio Pilcomayo teve recente migração de aproximadamente 3 km (LATRUBESSE et al., 2021). A migração do canal principal do rio Pilcomayo em seu cinturão de meandros também foi bem documentada entre 1976 e 2008 no estudo realizado por García et al. (2013), o qual revelou a existência de 4 importantes pontos de avulsões em andamento na região proximal do megaleque fluvial (FÁRIAS; CAFARO, 2010; TACCHINO, 2015), localizados entre Santa Victoria Oeste (Argentina 22°16'21.01"S / 62°42'45.04"O), Misión La Paz e Pozo Hondo (Paraguay – Figura 1).

No Pantanal, a contínua evolução e modificação da paisagem decorre de respostas fluviais aos processos de avulsão e o preenchimento das planícies por sedimentos (AB'SABER, 1988; ASSINE, 2016a). Desde a década de 1970 as avulsões do rio Taquari são as mudanças fluviais mais bem documentadas. Na década de 1980 a foz do rio Taquari migrou 30 km para norte de sua antiga foz (ASSINE, 2005). Outra avulsão iniciada neste período continua em curso, localizada na região proximal do lóbulo distributário atual (Figura 6), local conhecido por Fazenda Coronal (BUEHLER et al., 2011; MAKASKE et al., 2012; ZANI, ASSINE, McGLUE, 2012; STAEL et al., 2018).

Avulsões holocênicas de maior amplitude foram reconhecidas no Pantanal, cujas alterações provocaram o abandono, total ou parcial, de cinturões de meandros nos megaleques dos rios São Lourenço (CORRADINI; ASSINE, 2012; ASSINE et al., 2014; PUPIM, 2014), Cuiabá (PUPIM, 2014; PUPIM, ASSINE, SAWAKUCHI, 2017), Paraguai (SILVA et al., 2007, ASSINE; SILVA, 2009; MACEDO et al., 2014), Nabileque (KUERTEN et al. 2009, KUERTEN; ASSINE 2011; KUERTEN et al., 2013), Miranda (MERINO, ASSINE, PUPIM, 2013; MERINO, 2016) e rio Negro em sua na planície inter-leques (MENDES, 2014; MERINO; ASSINE, 2019).

Para Latrubesse et al. (2021), a variação do perfil longitudinal reflete no comportamento dos canais ativos, com o entrenchamento no ápice e zonas proximais e a sedimentação do leito e canais topograficamente elevados em relação à superfície de entorno do leque. Avulsão do canal principal para área de planície altera o nível da base e diminui o perfil de equilíbrio, modificando gradientes hidráulicos e causando erosão à jusante (ASSINE; SILVA, 2009).

Mudanças no perfil de equilíbrio de vários rios do Pantanal produziram incisão e degradação da paisagem em toda a superfície dos megaleques durante o Quaternário (CORRADINI; ASSINE, 2012; KUERTEN et al., 2013; ASSINE et al., 2014; PUPIM, ASSINE, SAWAKUCHI, 2017). A incisão de depósitos pleistocênicos e a construção do cinturão de meandros pelo rio São Lourenço configuram a atual superfície deste megaleque, resultado de mudanças climáticas e/ou tectônicas no Pantanal (CORRADINI; ASSINE, 2012). Paleocanais no megaleque do rio Cuiabá apresentam topografia de até 1,5 metros acima da área de inundação (PUPIM, ASSINE, SAWAKUCHI, 2017). No megaleque do rio Taquari, parte dos canais desenvolvem diques arenosos topograficamente mais altos que a superfície do megaleque, cujos cortes nos diques (conhecidos localmente por “arrombados”) são um gatilho na formação de canais distributários que favorecem os processos de avulsão (ASSINE, 2015).

O MDE da porção proximal megaleque do rio São Lourenço (Fig. 4) ao longo do vale inciso que aloja o canal principal, revelou uma topografia mais elevada que a planície no entorno. Corradini e Assine (2012) alertam que essa feição vista em MDEs são respostas ao efeito da vegetação aos dados SRTM, cuja elevada densidade do dossel vegetal existente ao longo do cinturão de meandros impede a penetração da onda “C”. A banda C do sensor SRTM possui maior sensibilidade à cobertura vegetal que ampliam as feições topográficas do terreno (VALERIANO et al., 2006). Estas respostas da banda “C” em MDEs também foram encontrados para o megaleque do rio Bermejo, cujos diques vegetados de canais também apresentaram elevado contraste topográfico em relação à planície circundante (McGLUE et al., 2016). Merino et al. (2015) sugerem que parte da vegetação do Pantanal localizadas em áreas mais elevadas, isentas de inundação com solos melhor drenados são também reconhecidas nos MDEs por maiores elevações.

A sazonalidade climática e o regime de fluxo altamente variável são alguns dos principais controles sobre as taxas de erosão, produção e transporte de sedimentos e transformações dos megaleques em ambas as bacias. A sazonalidade da produção, oferta e agradação de sedimentos aos canais, produzem efetivamente as condições topográficas típicas para ocorrência das avulsões (JONES; SCHUMM, 1999; SLINGERLAND; SMITH, 2004). Nas últimas décadas, avulsões e a progradação sedimentar por crevasses têm sido recorrentes no megaleque dos rios

Parapetí, Bermejo, e Pilcomayo, cujas causas estão diretamente relacionadas aos fatores supracitados (FARIÁS; CAFARO 2010; MAY, 2011; TACCHINO, 2015; McGLUE et al., 2016).

Os picos de chuvas na bacia do Chaco, que ocorrem entre dezembro e março, fazem rios como Pilcomayo transportarem até 85% de sua carga anual de sedimentos em suspensão (GUYOT, BOURGES, CORTEZ, 1994). Apesar da presença de elevadas montanhas na área de drenagem do Chaco, estas não são fontes significativas de sedimento, pelo fato de estarem localizadas nas regiões áridas da cordilheira oriental (LATRUBESSE et al., 2021). A zona sub-andina oriental, onde concentra-se a maior parte das chuvas fornece a maior quantidade de sedimentos aos SFD do Chaco (MAY, 2011; LATRUBESSE et al., 2021). Partes da zona sub-andina boliviana podem receber precipitações de mais de 6000 mm/ano (VILLAR et al., 2009), mas atribui-se a alta variabilidade das descargas fluviais a maior parte do controle regional das taxas de erosão dos sistemas (LATRUBESSE; RESTREPO, 2014).

A variação altimétrica das bacias de drenagem que formam os megaleques do Pantanal é muito inferior às dos Andes (Figura 1), no entanto, a erosão profunda das rochas paleozóicas e mesozóicas dos tabuleiros sedimentares orientais do Pantanal produziu grandes quantidade de sedimentos que compreendem o trato deposicional da bacia sedimentar (ASSINE et al., 2016b). A forte dissecação da borda dos planaltos pelos rios que originam os megaleques do Pantanal, revelam a origem dos sedimentos que preencheram a bacia e que no presente alimentam os processos agradação dos canais, construção de diques marginais, preenchimento de cinturões de meandros e a transformação superficial dos lobos distributários ativos.

No Pantanal o registro do aumento da carga sedimentar foi acompanhado pelo aumento da precipitação anual desde 1966, um possível reflexo das mudanças climáticas, concomitante as alterações de uso e ocupação das áreas de planalto (ASSINE, 2005; CARVALHO et al., 2005; DORES, 2015). Para Latrubesse e Restrepo (2014), a inclinação e a litologia compreendem fatores importantes para a dinâmica sedimentar nos SFD do Chaco. Esta relação também pode ser um elemento importante na produção de sedimentos em escala regional no Pantanal.

Após o médio Holoceno, condições mais úmidas observadas em ambas as bacias têm promovido ampla agradação dos sistemas fluviais, maior preservação das dunas e aumento da vegetação no Chaco (GEYH et al., 1996; KRUCK, 1996; MAY, ARGOLLO, VEIT, 2008b; MAY, ZECH, VEIT, 2008a). Para Latrubesse e Restrepo (2014) a vegetação é um dos fatores que controlam as taxas de erosão nos SFD, também influenciado pelo complexo papel que o clima regional desempenha. No presente, a atual condição de umidade não produz energia suficiente para os canais transportarem maior carga sedimentar, retrabalhar lóbulos antigos e imprimir paleocanais maiores que as feições relictas presentes na superfície dos megaleques (LATRUBESSE et al., 2021). Esta condição de menor energia também se reflete na capacidade dos canais principais da bacia do Chaco atingirem o nível de base regional, com exceção apenas do rio Bermejo.

Concomitante às condições hidrossedimentares atuais, a deformação ativa da crosta continental representa fatores autogênicos que determinam alterações nos perfis longitudinais, mudanças hidrológicas e formação de espaços de acomodação nas porções intermediárias e distais dos megaleques do Chaco (ROSSELLO et al., 2007; PERI; ROSSELLO, 2010; McGLUE et al., 2016).

O megaleque do Nabileque, o único inativo do Pantanal, assim como no Chaco experimentou maior atividade hidrossedimentar durante o Pleistoceno e maior erosão e retrabalhamento da superfície desde o Holoceno Médio (KUERTEN, 2010). Neste megaleque, o tectonismo ativo no limite entre o Pantanal e o Chaco (Lineamento Transbrasiliano) pode ter sido responsável por avulsão do rio Paraguai no Holoceno Tardio, que gerou o abandono de cinturão de meandros (N-S) e a construção do atual cinturão de meandros (NE-SW) sobre depósitos pleistocênicos (KUERTEN; ASSINE, 2011). Mudanças no padrão de drenagem e o surgimento de novas e sutis zonas de vértices/ápices das drenagens localizadas na área intermediária do megaleque do rio Salado indicam que a sedimentação atual é influenciada pela tectônica recente (THALMEIER, RÖHLING, BRUNETTO, 2021). De acordo com os autores um sinal de que a deformação crustal na bacia do Chaco está ativa é o fato de que as áreas proximais dos megaleques do rio Salado e Dulce formam padrões de drenagem distributária que mudam para um padrão tributário em áreas situadas próximas à sutis geofeições estruturais.

No megaleque do Nabileque, a existência de inúmeros paleocanais com maior amplitude se comparados ao atual rio Paraguai, são testemunhas de um período pretérito em que o SFD possuiu maior energia e capacidade hidrossedimentar (KUERTEN et al., 2013). A área conhecida por Fecho dos Morros (21°27'12"S/ 57°55'20"W – Figura 1) exerce um forte controle lito-estrutural sobre o rio Paraguai, configurando neste megaleque um perfil

longitudinal muito suave na saída da bacia sedimentar (Tabela 1). Durante as inundações, a superfície do megaleque atua como planície de inundação que se estreita até o Fecho dos Morros e produz um efeito expansivo de remanso, represando água da inundação do rio Paraguai com uma velocidade de fluxo de 0,1 m/s (STEVAUX et al., 2020). Com base nas características morfológicas e os valores da produção e deposição de sedimentos estimados na literatura para ambas as bacias (Figura 1 e Tabela1), ocorre a taxa de retenção de sedimentos particularmente alta, com 68%, no Chaco e até 91% no Pantanal, sendo o Chaco o maior contribuinte de sedimentos para o rio Paraná, com valores estimados de 90 Mt/ano.

## 5. Conclusões

Os megaleques do Chaco e Pantanal estão entre os maiores do planeta em tamanho e produção de sedimentos. Entretanto, existem muitas lacunas do conhecimento sobre estes SFDs, em especial a produção de dados sistemáticos sobre a dinâmica hidrossedimentar em especial no Pantanal, enquanto no Chaco, as reconstruções quaternárias e geomorfológicas apoiam-se em um número reduzido de estudos.

O Chaco e o Pantanal abrigam sistemas deposicionais complexos, desenvolvidos sob condições climáticas distintas das atuais. Embora possuam semelhanças genéticas, as características das bacias sedimentares favoreceram a construção e evolução de megaleques distintos. Ambos experimentaram nas últimas décadas mudanças de uso e ocupação de suas superfícies que futuramente serão incluídas como condicionantes dos processos hidrossedimentares frente às mudanças que se encontram em andamento.

Apesar da elevada carga sedimentar dos rios do Chaco, as condições ambientais atuais condicionam uma evolução menos ativa que no passado, enquanto a maior umidade testemunhada desde o final do Holoceno possibilitou o registro de notáveis feições geomorfológicas, resultado dos ajustes fluviais e sedimentares em ambas as bacias sedimentares.

A influência do tectonismo na evolução e desenvolvimento dos megaleques está bem documentada nos estudos aqui citados, entretanto, ainda não há consenso científico sobre a real dimensão e impacto dos fatores endógenos nas mudanças registradas na superfície dos megaleques.

Com o avanço das pesquisas em ambos sistemas se espera a expansão do conhecimento de um dos maiores sistemas geomorfológicos da América do Sul. O avanço na compreensão do funcionamento desses sistemas produzirá muito mais que conhecimento científico, mas aportará grandes benefícios no gerenciamento do uso do solo dessas áreas, na prevenção de enchentes e de desastres naturais, além de possibilitar o entendimento de um sistema responsável por grande parte do registro geológico de bacias sedimentares.

**Materiais Suplementares:** Os limites vetoriais em formato shapefile deste artigo está disponível on-line em [https://github.com/revbrgeomorfologia/v22n3/raw/main/Kuerten%26Stevaux\\_2021.zip](https://github.com/revbrgeomorfologia/v22n3/raw/main/Kuerten%26Stevaux_2021.zip).

**Financiamento:** Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento externo.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem ao Programa de Capacitação dos Servidores da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (Processo nº. 29/500193/2019) e ao CNPq Proc. 304863/2915-7 (Produtividade em pesquisa). Agradecemos a revisão crítica e construtiva fornecidos pelos pareceristas da Revista Brasileira de Geomorfologia e também valiosa contribuição do editor, Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, que melhorou muito o manuscrito original. A María Belén Thalmeier (CONICET, Argentina), Hiran Zani (Esri-EUA) e Aguinaldo Silva (UFMS-Corumbá-MS), Eduardo A. Rossello (Universidad de Buenos Aires), Jair Felix (Biblioteca UNESP-RC) pela cordialidade na discussão de dados e/ou valiosa cedência de arquivos digitais e textos raros.

**Conflito de Interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse. Os financiadores não tiveram interferência no desenvolvimento do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados; na redação do manuscrito, ou na decisão de publicar os resultados.

## Referências

1. AB'SÁBER, A. N. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. *Revista Brasileira de Geografia*, v.50, n. 2, p. 9-57, 1988.

2. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (Brasil). Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Paraguai – PRH Paraguai: Resumo Executivo. Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2018. 180p. ISBN: 978-85-8210-056-1
3. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (Brasil). Sistema de Informações Hidrológicas. Base de dados HidroWeb. Disponível em: <http://hidrosat.ana.gov.br/>. Acesso em: 20jan. 2021
4. ALHO, C.J.R. The Pantanal. In: FRASER L.H.; KEDDY, P.A. (eds). **The World's Largest Wetlands – Ecology and Conservation**. New York: Cambridge University Press, 2005. p. 203–271.
5. ALMEIDA, F.F.M. Geossinclíneo Paraguaio. In: SEMANA DE DEBATES GEOLÓGICOS. 1965, Porto Alegre. **Conferências...** Porto Alegre: Centro Acadêmico dos Estudantes de Geologia da UFRS. 1965. p. 87-101.
6. ALMEIDA, F.F.M.; LIMA, M. A. **Planalto centro-ocidental e pantanal mato-grossense**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia (Guia da Excursão Congresso Internacional de Geografia), n. 1, 1959. 169p.
7. ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 28, n. 2, p. 135–150, 1998.
8. AMORES, G.E., SALERMO, G.O., BREA, J.D. Control de erosión de márgenes em zonas de conos de deyección el caso del rio Pescado. Salta. In: Anais do Segundo Simpósio Regional sobre Hidráulica de Ríos, **RIOS 2005: Principios y Aplicaciones en Hidráulica de Ríos**. Neuquén, Argentina, 2005. p. 1-9. ISBN 987-20109-4-3 (CD-ROM)
9. ASSINE, M. L. A Bacia Sedimentar do Pantanal Mato-Grossense. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (eds.) **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 61-74.
10. ASSINE, M.L. River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, v. 70, n. (3–4), p. 357–371, 2005. DOI: 10.1016/j.geomorph.2005.02.013
11. ASSINE, M. L. Brazilian Pantanal: A Large Pristine Tropical Wetland. In: VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R., *et al* (Ed.). **Landscapes and Landforms of Brazil**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015. p. 135-146.
12. ASSINE, M. L.; CORRADINI, F. A.; PUPIM, F. D. N.; MCGLUE, M. M. Channel arrangements and depositional styles in the São Lourenço fluvial megafan, Brazilian Pantanal wetland. **Sedimentary Geology**, v.301, [15 March 2014], p.172-184, 2014. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2013.11.007
13. ASSINE, M. L.; MERINO, E. R.; PUPIM, F. D. N.; MACEDO, H. D. dos SANTOS, M. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 3, p. 475-489, 2015. DOI: 10.1590/2317-4889201520150014
14. ASSINE, M. L.; E.R. MERINO, F.N. PUPIM, L.V. WARREN; R.L. GUERREIRO; M.M. McGLUE. Geology and Geomorphology of the Pantanal Basin. In: BERGIER, I; ASSINE, M.L. (eds.), **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. Springer International Publishing Switzerland, 2016a. p. 23-45. DOI: 10.1007/698\_2015\_349
15. ASSINE, M.L., MACEDO, H.A., STEVAUX, J.C., BERGIER, I., PADOVANE, C.R., Silva, A., (2016b) Avulsive rivers in the hydrology of the Pantanal Wetland. In: BERGIER, I; ASSINE, M.L. (Eds.), **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. Springer International Publishing Switzerland, 2016b. p. 51 e 82. DOI 10.1007/698\_2015\_349
16. ASSINE M.L.; SILVA A. Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, v. 113, p. 189-199, 2009. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.03.012
17. ASSINE, M.L., SOARES, P.C., Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. **Quaternary International**, v. 114, p. 23-34, 2004. DOI: 10.1016/S1040-6182(03)00039-9

18. BDHI (Base de Datos Hidrológica Integrada, fevereiro 2020. Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Argentina. Disponível em: <<http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/>> (28/02/2020)
19. BIDEGAIN, M.; PASTEN, M.; NAGY, G.J.; CORONEL, G.; FERRER, J.; ARANA, I. Tendencias recientes de las precipitaciones e impactos asociados con ENSO en la cuenca del Río de la Plata. **PARAGUARIA NATURAL**. v. 5, n. 2, p. 8-18, 2017. ISSN 2309-5237
20. BORGES, D. da S.; SOARES, M.H. Análise de sedimentos do rio Taboco em Mato Grosso do Sul. In: XIX Encontro Nacional de Geógrafos (ENG). **Anais...** João Pessoa, 2018. ISBN 978-85-99907-08-5.
21. BRAUN, E. W. G. Cone aluvial do Taquari, unidade geomórfica marcante da planície quaternária do Pantanal. **Revista Brasileira Geografia**, 39, p. 164-180, 1977.
22. BUEHLER, H.; WEISSMANN, G.; SCUDERI, L.; HARTLEY, A. Spatial and temporal evolution of an avulsion on the Taquari river distributive fluvial system from satellite image analysis. **Journal Of Sedimentary Research**, 81, n. 8, p. 630-640, 2011. DOI: 10.2110/jsr.2011.040
23. CARVALHO, N.O.; IDE, C.N.; VAL, L.A.A.; RONDON, M.A.C; BARBEDO, A.G.A.; CYBIS, L.F.d.A. Distribution and sediment yield in the upper basin of the Paraguay River and in the Pantanal Matogrossense, Brazil. Sediment Budgets 2. In: **Proceedings of symposium S1 held during the Seventh IAHS Scientific Assembly**. Foz do Iguaçu. 2005. p. 245-252. ISBN 1-901502-92-9
24. COLTORTI, M.; DELLA FAZIA, J.; PAREDES RIOS, F.; TITO, G. The Ñuagapua alluvial fan sequence: Early and Late Holocene human-induced changes in the Bolivian Chaco? **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 121, n. 2, p.121-2, p.218-228, 2010. DOI:10.1016/j.pgeola.2009.11.003
25. CORRADINI, F.A. **Geomorfologia fluvial, mudanças ambientais e evolução do megaleque do rio São Lourenço, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2011.
26. CORRADINI, F.A.; ASSINE, M.L. Compartimentação geomorfológica e processos deposicionais no megaleque fluvial do rio São Lourenço, Pantanal Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Geociências** 42, p. 20-33, 2012. DOI: 10.5327/Z0375-75362012000500003
27. CHASE, C., SUSSMAN, A., COBLENTZ, D. Curved Andes: geoid, forebulge, and flexure. **Lithosphere** 1, p. 358-363, 2009. <https://doi.org/10.1130/L67.1>
28. DeCELLES, P.G., CAVAZZA, W. A comparison of fluvial megafans in the Cordilleran (Upper Cretaceous) and modern Himalayan foreland basin systems. **Bull. Geol. Soc. Am.** 111, p. 1315-1334, 1999. DOI: 10.1130/0016-7606(1999)111<1315:ACOFMI>2.3.CO;2
29. DORES, E.F.G de C. Pesticides in the Pantanal. In: Bergier I., Assine M. (eds) **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. The Handbook of Environmental Chemistry. Springer International Publishing Switzerland, 2015, vol 37. P. 179-190. DOI: 10.1007/698\_2015\_356
30. ECKEL, E.B. Geology and Mineral Resources of Paraguay A Reconnaissance. Prepared in cooperation with the Departamento de Geologia, Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones Republica del Paraguay, under the auspices of the Institute of Inter-American Affairs. **Geological Survey Professional Paper 327**. United States Government Printing Office, Washington. 110.p DOI: 10.3133/pp327
31. ESRI Inc. **ArcMap (versão 10.2.)** Redlands, Estados Unidos, 2017.
32. FABBIAN, T.; FERREYRO, V.; De FELLIPPI, R.; BERNAL, W.; SANCHEZ, M. Estudio geomorfológico en la zona del bañado de Copo - Area: Rio Salado (Provincia de Santiago del Estero). Proyecto Noa Hidrico, segunda fase. Consejo

- Federal de Inversões. Programa Nac. Uni. para el Desarrollo. Buenos Aires, 1979, 37p. Disponível em: <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/1979/01/25137.pdf> Acesso em: 19/08/2019
33. FARIAS, H. D.; CAFARO, E. **Estabilización del Cauce Principal y Márgenes del Río Pilcomayo en Segmentos Identificados como Puntos Críticos Tramo 1: Misión la Paz/Pozo Hondo - El Pantalón**. Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo. 2010. 24 p.
  34. FIELDING, C.R.; ASHWORTH, P.J.; BEST, J.L.; PROKOCCI, E.W.; SMITH, G.H.S. Tributary, distributary and other fluvial patterns: What really represents the norm in the continental rock record? **Sedimentary Geology** v.261–262, p.15-32, 2012. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2012.03.004
  35. FONSECA, G.P.D.S. **Formas de relevo e os materiais de superfície no pantanal de Poconé-MT**. Tese (Doutorado em Geografia Física) Universidade de São ao Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo. 2015.
  36. FRANCO, M. S. M.; PINHEIRO, R. **Geomorfologia**. In: Brasil Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. (Ed.). Projeto RADAMBRASIL. Folha SE.21 Corumbá. Rio de Janeiro, MME/SG/RADAMBRASIL. (Levantamento de Recursos Naturais, 27). 1982. p.161-224.
  37. FREITAS, R.O. de. Ensaio sobre a tectônica moderna no Brasil. – **Bol. Nº 130 da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (USP), Geologia**, v. 6, p. 7-21, 1951. DOI: 10.11606/issn.2526-3862.bffcluspgeologia.1951.121701
  38. GARCÍA, M. H.; MOTTA, D.; ZHU Z.; TORRES, G. R.; CAFARO, E.; RAMONEL, Y C. G. **Modelación del Río Pilcomayo en el área de Misión la Paz - Pozo Hondo (2º Informe de Avance)**. Santa Fé, 2013. 48 p. Disponível em: [https://www.pilcomayo.net/media/uploads/biblioteca/libro\\_1436533667.pdf](https://www.pilcomayo.net/media/uploads/biblioteca/libro_1436533667.pdf). Acesso em: 23/05/2020
  39. GARREAUD, R.D., VUILLE, M., COMPAGNUCCI, R., MARENGO, J., Present-day south American climate. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 281, n. 3, p. 180-195, 2009. DOI: 10.1016/j.palaeo.2007.10.032
  40. GEYH, M.A., GROSJEAN, M., KRUCK, W., SCHOTTERER, U., Sincronopsis del desarrollo morfológico y climatológico del Chaco boreal y de Atacama en los últimos 35.000 años AP. In: XII CONGRESO GEOLÓGICO DE BOLIVIA. **Memorias...** 1. Sociedad Geologica Boliviana, Tarija. 1996. p. 1267-1276.
  41. GREGÓRIO, E.C; FANCINCANI, E.M; AMORIM G.M.e. Mudanças ambientais quaternárias no megaleque fluvial do Aquidauana, borda Sudeste do Pantanal Matogrossense. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia** (Anpege). V.12, n.19, jul-dez, p.363-389, 2016. DOI: 10.5418/RA2016.1219.0015
  42. GUERREIRO, R.L. **Mudanças paleoambientais no Holoceno em lagoas salinas do Pantanal da Nhecolândia**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2016.
  43. GUERREIRO, R.; MCGLUE, M.; STONE, J.; BERGIER, I.; PAROLIN, M.; CAMINHA, S.A.F da.; WARREN, L.V.; ASSINE, M.L. Paleoeology explains Holocene chemical changes in lakes of the Nhecolândia (Pantanal-Brazil). **Hydrobiologia**, v. 815, n. 1, p. 1-19, 2018. DOI: 10.1007/s10750-017-3429-3
  44. GUBBELS, T.L.; ISACKSAND, B.L.; FARRAR, E. High level surfaces, plateau up lift and foreland development, Bolivian central Andes, **Geology**. V.21, P. 695-698, 1993. DOI: doi-org.ez180.periodicos.capes.gov.br/10.1130/0091-7613(1993)021<0695:HLSPUA>2.3.CO;2
  45. GUMBRICHT, T.; ROMAN-CUESTA, R.M.; VERCHOT, L.; HEROLD, M.; WITTMANN, F.; HOUSEHOLDER, E.; HEROLD, N.; MURDIYARSO, D. 2017. An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor. **Global Change Biology**, v.23, n. 9, p. 3581-3599, 2017. DOI: 10.1111/gcb.13689.
  46. GUYOT, J.L., BOURGES, J., CORTEZ, J. Sediment transport in the Rio Grande, an Andean river of the Bolivian Amazon drainage basin. In: OLIVE, L.J., LOUGHRAN, R.J., KESBY, J.A. (Eds.), Variability in Stream Erosion and Sediment

Transport: **Proceedings...** of the Canberra Symposium IAHS, n. 224. 1994, p. 223-231. ISBN 0-947471-19-1

47. HALCROW & SERMAN Asociados. **Estudio de la Línea Base Ambiental y Socioeconómica de la Cuenca del Río Pilcomayo Informe Final (borrador)**. Tarija. Tomo I: Parte II. Capítulos 9 y 10 Recursos Hídricos; Calidad de Agua. Proyecto de Gestión Integrada y Plan maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo. Contrato Comisión Europea N° ASRJB7-3100/99/136. 2006.
48. HANSFORD, M. R.; PLINK-BJÖRKLUND, P. River discharge variability as the link between climate and fluvial fan formation. **Geology**. V. 48 n.10. p. 952–956. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1130/G47471.1>
49. HARTLEY, A. J.; WEISSMANN, G. S.; NICHOLS, G. J.; WARWICK, G. L. Large Distributive Fluvial Systems: Characteristics, Distribution, and Controls on Development. **Journal of Sedimentary Research**, 80, n. 2, p. 167-183, 2010. DOI: 10.2110/jsr.2010.016
50. HORTON, B. K.; DECELLES, P. G. The modern foreland basin system adjacent to the Central Andes. **Geology**, v. 25, n. 10, p. 895-898, 1997. DOI: doi-org.ez180.periodicos.capes.gov.br/10.1130/0091-7613(1997)025<0895:TMFBSA>2.3.CO;2
51. HORTON, B.K., DECELLES, P.G., Modern and ancient fluvial megafans in the foreland basin system of the central Andes, southern Bolivia: implications for drainage network evolution in fold- thrust belts. **Basin Res.** v.13, p.43-63, 2001. DOI: doi-org.ez180.periodicos.capes.gov.br/10.1046/j.1365-2117.2001.00137.x
52. IRIONDO, M., The Quaternary of northeastern Argentina. **Quat. South Am.** Antarctic Peninsula, 2:51- 78, 1984. ISBN: 9781003079200
53. IRIONDO, M. Geomorphology and late Quaternary of the Chaco (South America). **Geomorphology**. Amsterdam, v. 7, n. ÚNICO, p. 289-303, 1993. DOI: 10.1016/0169-555X(93)90059-B
54. JONES, L.S., SCHUMM, S.A.,. Causes of avulsion: an overview. In: Smith, N.D., Rogers, J. (Eds.), **Fluvial Sedimentology VI: International Association of Sedimentologists, Special Publication**. V.28, p. 171–178. 1999. DOI: 10.1016/j.catena.2014.11.018
55. JUNK W.J.; BROWN M.; CAMPBELL I.C.; FINLAYSON M.; GOPAL B.; RAMBERG L.; WARNER, B.G. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: a synthesis. **Aquatic Sciences**, v. 68, n. 3, p. 400-414, 2006. DOI: 10.1007/s00027-006-0856-z
56. KEDDY, P. A.; FRASER, L. H.; SOLOMESHCH, A. I.; JUNK, W. J.; CAMPBELL, D.R. Wet and Wonderful: The World's Largest Wetlands are Conservation Priorities. **BioScience**, 59, n. 1, p. 39-51, 13, 2009. DOI: 10.1525/bio.2009.59.1.8
57. KING, L.C. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia** 18, p.47–265, 1956. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg\\_1956\\_v18\\_n2.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1956_v18_n2.pdf). Acesso em: 05/07/2019
58. KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Koeppen– Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, V. 15, n. 3, p. 259-263, 2006. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130
59. KREPPER, C.M.; GARCIA, N.O.; JONES, P.D. Paraguay river basin response to seasonal rainfall. **International Journal of Climatology**, 26, n. 9, p. 1267-1278, 2006. DOI: 10.1002/joc.1313
60. KRUCK, W. Pleistoceno Superior y Holoceno del Chaco paraguayo. In: XII CONGRESO GEOLÓGICO DE BOLIVIA. **Memorias...** .1. Sociedad Geologica Boliviana, Tarija. 1217-1220, 1996.
61. KRUCK, W., HELMS, F., GEYH, M.A., SURIANO, J.M., MARENGO, H.G., PEREYRA, F., Late Pleistocene–Holocene history of Chaco-Pampa sediments in Argentina and Paraguay. **Eiszeitalter und Gegenwart/Quaternary Science Journal** 60, 188–202, 2011. DOI:10.3285/eg.60.1.13

62. KUERTEN, S., ASSINE, M.L., CORRADINI, F.A., GRADELLA, F.d.S., SILVA, A. 2009. Rio Nabileque: antigo curso do rio Paraguai? *In*: SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. (Ed.). Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2. (GEOPANTANAL). **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. v. Único, 1053 p. p.194-201, 2009. ISBN 978-85-60424-04-7.
63. KUERTEN, S. **Evolução geomorfológica e mudanças ambientais no megaleque do Nabileque, Quaternário do Pantanal Mato-grossense**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2010. 96p.
64. KUERTEN, S.; ASSINE M.L. O rio Paraguai no megaleque do Nabileque, sudoeste do Pantanal Mato-Grossense, MS. **Revista Brasileira de Geociências** 41:655–666, 2011. DOI: 10.25249/0375-7536.2011414642653
65. KUERTEN, S.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L.; MCGLUE, M. M. Sponge spicules indicate Holocene environmental changes on the Nabileque River floodplain, southern Pantanal, Brazil. **Journal of Paleolimnology**, 49, n. 2, p. 171-183, 2013. DOI:10.1007/s10933-012-9652-z
66. LACERDA FILHO, J.W.; ABREU FILHO, W.; VALENTE, C.R.; OLIVEIRA, C.C.; ALBUQUERQUE, M.C. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso. Programa Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Convênio CPRM/SICME-MT, MME, 235 p., 2004. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/4871>. Acesso em: 14/09/2019.
67. LACERDA FILHO, J.W.; BRITO, R.S.C.; SILVA, M.G.; OLIVEIRA, C.C. DE; MORETON, L.C.; MARTINS, E.G.; LOPES, R.C.; LIMA, T.M.; LARIZZATTL, J.H.; VALENTE, C.R. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. **Programa Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil**. Convênio CPRM/SICME-MS, MME, 121 p. 2006. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/10217>. Acesso em: 15/09/2019.
68. LATRUBESSE, E.M.; PARKA, E.; RAMONELL, C.; SLITINE, A.S.; CAFARO, The Chaco Megafans. *In*: WILKINSON, J, LATRUBESSE E., GUNNELL, Y. (Editors). **Fluvial Megafans on Earth and Mars**. Cambridge University Press, 2021.
69. LATRUBESSE, E., STEVAUX, J.C., SINHA, R. Tropical rivers. **Geomorphology** 70, p. 137–206, 2005. DOI: 10.1016/j.geomorph.2005.02.005
70. LATRUBESSE, E.M., STEVAUX, J.C., CREMON, S., MAY, J., TATUMI, M., HURTADO, M., ARGOLLO, J., BEZADA, M. Late Quaternary megafans, fans and fluvio–aeolian interactions in the Bolivian Chaco, Tropical South America. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 356-357, p. 75–88, 2012. DOI: 10.1016/j.palaeo.2012.04.003
71. LATRUBESSE, E. M.; RESTREPO, J. D. Sediment yield along the Andes: continental budget, regional variations, and comparisons with other basins from orogenic mountain belts. **Geomorphology**, v. 216, p. 225-233, 2014. DOI: 10.1016/j.geomorph.2014.04.007
72. LATRUBESSE, E. M. Large rivers, megafans and other Quaternary avulsive fluvial systems: A potential “who's who” in the geological record. **Earth-Science Reviews**, 146, p. 1-30, 2015. DOI: 10.1016/j.earscirev.2015.03.004
73. LEIER, A.L.; DeCELLES, P.G.; PELLETIER, J.D. Mountains, monsoons and megafans. **Geology**, v. 33, p. 289-292, 2005. DOI: 10.1130/G21228.1
74. MACEDO, H. D. A.; ASSINE, M. L.; SILVA, A.; PUPIM, F. D. N.; MERINO, E.R.; STEVAUX, J.C. Mudanças paleo-hidrológicas na planície do rio Paraguai, Quaternário do Pantanal. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n.1, p.75-85, 2014. DOI:10.20502/rbg.v15i1.431
75. MAKASKE, B.; MAATHUIS, B. H. P.; PADOVANI, C. R.; STOLKER, C. *et al.* Upstream and downstream controls of recent avulsions on the Taquari megafan, Pantanal, south-western Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.37, n.12, p. 1313-1326, 2012. DOI: 10.1002/esp.3278

76. MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability. **Journal of Climate**, v.17, n. 12, p. 2261-2280, 2004. DOI: 10.1175/1520-0442(2004)017<2261:COTLJE>2.0.CO;2
77. MARTÍN-VIDE, J.P.; AMARILLA, M.; ZÁRATE, F.J. Collapse of the Pilcomayo River. **Geomorphology**, v.205, p. 155–163, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.12.007>
78. MAY, J.H. Geomorphological indicators of large-scale climatic changes in the eastern Bolivian lowlands. **Geographica Helvetica**, v.61, p. 120–134, 2006. DOI: 10.5169/seals-872921
79. MAY, J.H., ARGOLLO, J., VEIT, H. Holocene landscape evolution along the Andean piedmont, Bolivian Chaco. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 260, p. 505–520, 2008a. DOI: 10.1016/j.palaeo.2007.12.009
80. MAY, J.H., ZECH, R., VEIT, H. Late Quaternary paleosol-sediment-sequences and landscape evolution along the Andean piedmont, Bolivian Chaco. **Geomorphology** v. 98, 34–54, 2008b. DOI: 10.1016/j.geomorph.2007.02.025
81. MAY, J.H. The Río Parapetí – Holocene megafan dynamics and wetland formation in the southernmost Amazon basin. **Geographica Helvetica** v. 66, p. 193–201, 2011. DOI: 10.5169/seals-872728
82. MAY, J. H. Dunes and dunefields in the Bolivian Chaco as potential records of environmental change. **Aeolian Research**, v. 10, p. 89-102. 2013. DOI: 10.1016/j.aeolia.2013.04.002
83. McGLUE, M. M.; SILVA, A.; ZANI, H.; CORRADINI, F. A.; PAROLIN, M.; ABEL, E.J.; COHEN, A.S; ASSINE, M.L.; ELLIS, G.S.; TREES, M.A.; KUERTEN, S.; GRADELLA, F.dos S.; RASBOLD, G.G. Lacustrine records of Holocene flood pulse dynamics in the Upper Paraguay River watershed (Pantanal wetlands, Brazil). **Quaternary Research**, v. 78, n. 2, p. 285-294, 2012. DOI: 10.1016/j.yqres.2012.05.015
84. McGLUE, M.M. ; SILVA, A.; ASSINE, M.L.; STEVAUX, J.C.; PUPIM, F.N. **Paleolimnology in the Pantanal: using lake sediments to track quaternary environmental change in the world's largest tropical wetland**. BERGIER, I.; ASSINE, M.L. (Eds.), **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America, The Handbook of Environmental Chemistry**, v. 37, Springer, p. 51-81, 2015. DOI: 10.1007/698\_2015\_350
85. MCGLUE, M. M.; SMITH, P. H.; ZANI, H.; SILVA, A.; CARRAPA, B; COHEN, A.S.; PEPPER, M.B. An Integrated Sedimentary Systems Analysis of the Río Bermejo (Argentina): Megafan Character in the Overfilled Southern Chaco Foreland Basin. McGLUE, M.M. et al. Modern Sedimentary Systems Analysis of the Río Bermejo Megafan, Argentina. **Journal of Sedimentary Research**, v. 86, n. 12, p. 1359-1377, 2016. DOI: 10.2110/jsr.2016.82
86. MENDES, D. **Geocronologia de formas deposicionais e evolução da planície interleques do Rio Negro, Quartenário da Bacia do Pantanal**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2014. 111p.
87. MERINO, E. R. **Caracterização geomorfológica do sistema deposicional do rio Miranda (borda sul do Pantanal matogrossense, MS) com base em dados orbitais**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2011. 96p.
88. MERINO, E. R. **Evolução geomorfológica e mudanças paleohidrológicas na porção sul do Pantanal: a planície interleques do rio Negro e leques fluviais coalescentes**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2016. 126p.
89. MERINO, E. R.; ASSINE, M. L.; PUPIM, F. D. N. ESTILOS FLUVIAIS E EVIDÊNCIAS DE MUDANÇAS AMBIENTAIS NA PLANÍCIE DO RIO MIRANDA, PANTANAL. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n. 2, p.127-134, 2013. DOI: 10.20502/rbg.v14i2.246

90. MERINO, E. R.; ASSINE, M. L. Hidden in plain sight: How finding a lake in the Brazilian Pantanal improves understanding of wetland hydrogeomorphology. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 45, n.2, p. 440-458, 2019. DOI: 10.1002/esp.4745
91. MORELLO J. Ecorregión del Chaco Seco. In: MORELLO, J.; MATTEUCCI, S.D.; RODRÍGUEZ, A.F.; M.E. SILVA. **Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos**. FADU. GEPAMA. Universidad de Buenos Aires. 2012. ISBN 978-987-29811-6-7
92. PADOVANI, C.R. **Dinâmica espaço-temporal das inundações do pantanal**. 2010. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) - Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. DOI:10.11606/T.91.2010.tde-14022011-170515.
93. PARANHOS FILHO, A.C; MIOTO, C.L.; MACHADO, R.; GONÇALVE, F.V.; Ribeiro, V. de O.; GRIGIO, A.M.; SILVA, N.M. da. Controle Estrutural da Hidrografia do Pantanal, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v. 40, n. 1, p.156-170, 2017. DOI: 10.11137/2017\_1\_156\_170
94. PERI, V.G.; ROSSELLO E.A. Anomalías morfoestructurales del drenaje del río Salado sobre las Lomadas de Otumpa (Santiago del Estero y Chaco) detectadas por procesamiento digital. **Revista de la Asociación Geológica Argentina**. v. 66, n. 4, p. 634-645, 2010. DOI: #. ISSN 1851-8249
95. POR. F.D. **The Pantanal of Mato Grosso (Brazil) – world’s largest wetlands**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. The Netherlands. 1995. 122 p. ISBN 978-94-011-0031-1 (eBook) DOI: 10.1007/978-94-011-0031-1
96. PUPIM, F.N. **Geomorfologia e Evolução Quaternária dos Megaleques dos rios Cuiabá e São Lourenço, Bacia do Pantanal**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2014. 121p.
97. PUPIM, F. D. N.; ASSINE, M. L.; SAWAKUCHI, A. O. Late Quaternary Cuiabá megafan, Brazilian Pantanal: Channel patterns and paleoenvironmental changes. **Quaternary International**, 438, p. 108-125, 2017. DOI: 10.1016/j.quaint.2017.01.013
98. RASBOLD, G. G.; MCGLUE, M. M.; STEVAUX, J.C.; PAROLIN, M.; SILVA, A.; BERGIER, I. Sponge spicule and phytolith evidence for Late Quaternary environmental changes in the tropical Pantanal wetlands of western Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 518, p. 119-133, 2019. DOI: 10.1016/j.palaeo.2019.01.015
99. ROSSELLO, E.A., BORDARAMPÉ, C.P. Y PERI, V.G. The Ofaulting (Gran Chaco plain, Argentina): the farthest megastructure due to the Central Andean flat slab subduction. Subduction Zone Geodynamics Conference (Montpellier), **Mémoires Géosciences-Montpellier**. 41: p. 62, 2007. ISSN : 1762-6072
100. SCHUMM, S.A. 1977. **The fluvial system**. Nova Iorque: John Wiley and Sons: 228-338. ISBN 1930665792
101. SELUCHI, M.E.; SAULO, C.; NICOLINI, M.; SATYAMURTY, P. The northwestern Argentinean low: a study of two typical events: Monthly Weather Reviews. **American Meteorological Society**. v. 131, n.10, p. 2361–2378, 2003. DOI: 10.1175/1520-0493(2003)131<2361:TNALAS>2.0.CO;2
102. SERVANT, M.; FONTES, J.C.; RIEU, M.; SALIEGE, J.F. Phases climatiques arides holocènes dans le sud-ouest de l’Amazonie (Bolívie). Académie des sciences (France). Auteur du texte. **Comptes rendus des séances de l’Académie des sciences**. Série 2, Mécaniquephysique, Chimie, Sciences de l’univers, Sciences de la Terre. Series 2. 292, p. 1295–1297, 1981. ISSN: 0249-6305
103. SHIRAIWA, S. Flexura da litosfera continental sob os andes centrais e a origem da bacia do pantanal. Tese (Doutorado em Geofísica). Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994. 110p.

104. SILVA, A.; ASSINE, M.L.; ZANI, H.; SOUZA FILHO, E.E.; ARAÚJO, B.C., Compartimentação geomorfológica do rio Paraguai na borda norte do Pantanal Mato-grossense, região de Cáceres - MT. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 1, p.73-81, 2007. ISSN: 1808-0936
105. SINHA, R., FRIEND, P.F. River systems and their sediment flux, Indo-Gangetic plains, northern Bihar, India. **Sedimentology**, v. 41, p. 825–845, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1994.tb01426.x>
106. SINHA, R.; LATRUBESSE, E. M.; NANSON, G. C. Quaternary fluvial systems of tropics: Major issues and status of research. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 356-357, p. 1-15, 2012. DOI: 10.1016/j.palaeo.2012.07.024
107. SLINGERLAND, R., SMITH, N.D. River avulsions and their deposits. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**. v. 32, p. 257-285, 2004. DOI: 10.1146/annurev.earth.32.101802.120201
108. STAEL, C.; BERGIER, I.; SILVA, A.; LO, E. McGLUE, M.M.; MACEDO, H. DE A.; ASSINE, M.L. Diagnóstico e prognóstico de serviços ambientais de reconstrução de canais de rios na avulsão do Rio Taquari na região do Caronal. 2018. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2018. p. 122-130. ISBN 978-85-17-00094-2
109. STANISTREET, I.G.; CAIRNCROSS, B.; MCCARTHY, T.S. Low sinuosity and meandering bedload rivers of the Okavango Fan: channel confinement by vegetated levees without fine sediment. **Sedimentary Geology**, v. 85, p. 135-156, 1993. DOI: 10.1016/0037-0738(93)90079-K
110. STANISTREET, I. G.; MCCARTHY, T.S. 1993. The Okavango Fan and the classification of subaerial fan systems. **Sedimentary Geology**, v. 85 p. 115-133, 1993. DOI: 10.1016/0037-0738(93)90078-J
111. STEVAUX, J.C.; LATRUBESSE, E.M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 336p. ISBN: 978-85-7975-075-5
112. STEVAUX, J.C.; MACEDO, H.A.; ASSINE, M.L.; SILVA, A. Changing fluvial styles and backwater flooding along the Upper Paraguay River plains in the Brazilian Pantanal wetland. **Geomorphology**, v. 350, art.106906, p. 1-14, 2020. DOI: .1016/j.geomorph.2019.106906
113. TACCHINO, A.J.S.T. **Caracterización de desbordes del río Pilcomayo entre Villamontes y Misión La Paz**. Dissertação (Mestrado em Ciencias de la Ingeniería - Mención Recursos Hídrico). Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. 2015. 219p.
114. THALMEIER, M.B. KRÖHLING, D.; BRUNETTO, E.; IRIONDO, M. Sedimentología de la columna estratigráfica cuaternaria de la zona distal del megaabanico aluvial del río Juramento-Salado, Chaco. Libro de **Resúmenes de la XVI Reunión Argentina de Sedimentología: Sedimentología Sin Frontera**. 26 al 30 de noviembre de 2018. General Roca, Río Negro, Argentina. 2018. p.140 Disponível em: <https://sedimentologia.org.ar/ras/XVIRAS.pdf> Acesso em: 23/09/2019
115. THALMEIER, M.B. KRÖHLING, D.; BRUNETTO, E.; IRIONDO, M. Morpho-stratigraphic characteristics and Late Quaternary environmental evolution of the Salado–Juramento fluvial megafan, Chaco Plain, Argentina. (O-3005) **Anais... 20<sup>th</sup> Congress of the International Union for Quaternary Research (INQUA)**, Dublin, Ireland, 2019. Disponível em: <https://app.oxfordabstracts.com/events/574/program-app/submission/91476>
116. THALMEIER, M.B.; KRÖHLING, D.M; BRUNETTO, E. The geomorphology and Late Quaternary sedimentary record of the Salado/Juramento fluvial megafan, Central Andes foreland basin (Chaco Plain, Argentina). **Geomorphology**, v. 373, 2021, 107495. DOI: 10.1016/j.geomorph.2020.107495.
117. TRICART, J. El Pantanal: un ejemplo del impacto de la geomorfología sobre el medio ambiente. **Geografía**, v. 7, n. 13-14, p. 37-50, 1982. eISSN: 1983-8700
118. URENA, J. E.; VALLEJOS, A.G.; SAAVEDRA, O.C.; ESCALERA, A. C. EVALUACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

- DISTRIBUIDA EN LA CUENCA KATARI BASADO EN TECNOLOGÍA SATELITAL Y PRODUCTOS DERIVADOS. *Inv. y Des.*, Cochabamba, v.18, n.1, p.35-51, 2018. DOI: 10.23881/idupbo.018.1-3i
119. USSAMI, N., SHIRAIWA, S., DOMINGUEZ, J.M.L. Basement reactivation in a subAndean foreland flexural bulge: the Pantanal Wetland, SW Brazil. *Tectonics* v. 18, n.1, 25–39, 1999. DOI: 10.1029/1998TC900004.
120. VALERIANO, M.M.; KUPLICH, T.M.; STORINO, M.; AMARAL, B.D.; MENDES, J.N.; LIMA, D.J. Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission-90 m data. *Computers & Geosciences* 32: 1169-1181, 2006. DOI: 10.1016/j.cageo.2005.10.019
121. VILLAR, J.C.E., RONCHAIL, J., GUYOT, J.L., COCHONNEAU, G., NAZIANO, F., LAVADO, W., DE OLIVEIRA, E., POMBOSA, R. E VAUCHEL, P. Spatio-variabilidade temporal da precipitação nos países da bacia amazônica (Brasil, Peru, Bolívia, Colômbia e Equador). *Int. J. Climatol.*, v. 29, n. ÚNICO, p. 1574-1594, 2009. DOI: 10.1002/joc.1791
122. WEISSMANN, G. S.; HARTLEY, A. J.; NICHOLS, G. J.; SCUDERI, L. A. OLSON1, M.; BUEHLER, H.; BANTEAH, R. Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems. *Geology*, v. 38, n. 1, p. 39-42, 2010. DOI: 10.1130/G30242.1
123. WEISSMANN, G.S., HARTLEY, A.J., SCUDERI, L.A., NICHOLS, G.J., DAVIDSON, S.K., OWEN, A., ATCHLEY, S.C., BHATTACHARYYA, P., CHAKRABORTY, T., GHOSH, P., NORDT, L.C., MICHEL, L., AND TABOR, N.J., (2013) Prograding distributive fluvial systems: geomorphic models and ancient examples, in Driese, S.G., Nordt, L.C., and McCarthy, P.J., eds., *New Frontiers in Paleopedology and Terrestrial Paleoclimatology*: SEPM, Special Publication 104, p. 131–147, 2013. DOI: 10.2110 / sepmsp.104.16
124. WEISSMANN, G. S.; HARTLEY, A. J.; SCUDERI, L. A.; NICHOLS, G. J.; OWEN, A.; WRIGHT. S. HOLLAND, F. ANAYA, F.M.L. Fluvial geomorphic elements in modern sedimentary basins and their potential preservation in the rock record: A review. *Geomorphology*, 250, p. 187-219, 2015. DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.09.005
125. WERDING, L. Geomorphologie und rezente Sedimentation im Chaco Boreal, Bolivien. *Giessener geologische Schriften*, v. 12, p. 429-446, 1977.
126. ZANI, H.; ASSINE, M. L. Processamento de dados SRTM30 para extração de geformas deposicionais em macroescala: aplicação em bacias sedimentares Sul-Americanas.. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia - II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. *Anais... VII Simpósio Nacional de Geomorfologia - II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia*, 2008. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0167.pdf> Acesso em: 15/06/2019
127. ZANI, H.; ASSINE, M. L.; MCGLUE, M. M. Remote sensing analysis of depositional landforms in alluvial settings: Method development and application to the Taquari megafan, Pantanal (Brazil). *Geomorphology*, 161-162, n. C, p. 82-92, 2012. DOI: [10.1016/j.geomorph.2012.04.003](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.04.003)
128. ZAVATINI, J. A. A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1990.



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.