

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
PALEONTOLOGIA APLICADA

ANÁLISE ICNOLÓGICA DO DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ E SUA
APLICABILIDADE EM ESTUDOS DE VARIAÇÕES RELATIVAS DO NÍVEL MAR

DISCENTE: DANIEL SEDORKO

ORIENTADORA: DR^a. RENATA GUIMARÃES NETTO

SÃO LEOPOLDO, MAIO DE 2015.

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
PALEONTOLOGIA APLICADA

ANÁLISE ICNOLÓGICA DO DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ E SUA
APLICABILIDADE EM ESTUDOS DE VARIAÇÕES RELATIVAS DO NÍVEL MAR

Projeto de tese submetido ao Programa de
Pós-Graduação em Geologia, nível
doutorado.

Discente: Daniel Sedorko, RA 1709726

Orientadora: Dr^a. Renata Guimarães Netto

SÃO LEOPOLDO, MAIO DE 2015.

ANÁLISE ICNOLÓGICA DO DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ E SUA APLICABILIDADE EM ESTUDOS DE VARIAÇÕES RELATIVAS DO NÍVEL MAR

ICHTNOLOGICAL ANALYSIS OF DEVONIAN FROM PARANÁ BASIN (SOUTHERN BRAZIL) AND ITS APPLICABILITY IN STUDIES OF RELATIVE SEA-LEVEL CHANGES

Resumo: Este projeto tem como abordagem principal o uso de dados icnológicos como indicadores de parâmetros paleoambientais, e almeja, principalmente, diagnosticar alterações nas suítes icnológicas ao longo do sistema Devoniano da bacia do Paraná e suas implicações no estudo do nível relativo do mar. Há várias curvas propostas para variações no nível do mar do Devoniano, estabelecidas principalmente a partir de dados de isótopos e bioestratigráficos, que demandam alto custo e equipamentos específicos. Por outro lado, análises icnológicas permitem traçar essas curvas em escala de alta resolução estratigráfica (4^a a 6^a ordem), sendo de baixos custos e boa precisão. Assim, se propõe a hipótese de que a análise icnológica permite inferências de oscilações no nível do mar em maior escala (3^a ou 2^a ordem). O Devoniano da bacia do Paraná carece de curvas paleobatimétricas propostas, assim, além de propiciar o entendimento da colonização do ecoespaço para as camadas em análise, esse enfoque proporcionará uma curva de variação relativa do nível do mar, podendo resultar em um método menos custoso e de fácil tratamento dos dados, ou, se demonstrada sua ineficácia, limitar a aplicabilidade da informação icnológica para essas interpretações.

Palavras-chave: Icnologia, Devoniano, Bacia do Paraná, Colonização do Ecoespaço, Paleobatimetria Relativa.

Abstract: This project has as main approach the use of ichnological data as proxies for paleoenvironmental parameters, and aims mainly to diagnose changes in ichnological suites throughout the Devonian system of the Paraná basin and its implications in the study of the relative sea-level. There are various curves proposed for variations in sea-level of the Devonian, mainly established from isotopes and biostratigraphic data, which require expensive and specific equipment. On the other hand, ichnological analyzes allow the development of these curves on high-resolution stratigraphic scale (4th to 6th order), with low cost and good accuracy. Thus, it is proposed the hypothesis that the ichnological analysis allows inferences fluctuations in sea-level in a larger scale (3rd or 2nd order). Since the Devonian of the Paraná Basin does not have paleobathymetry curves, this approach will result in the delineation of a curve to fill this gap and may result in a cheaper method and easy processing of data, or, if proved its ineffectiveness, limit the applicability of ichnological data for these interpretations. Furthermore, the data reported by this research will provide the understanding of the ecoespace colonization representing by the layers in question.

Keywords: Ichnology, Devonian, Paraná Basin, Ecoespace Colonization, Relative Paleobathymetry.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	5
3 JUSTIFICATIVA.....	9
4 HIPÓTESE DE TRABALHO E OBJETIVOS	12
5 MATERIAIS E MÉTODOS	13
6 EXEQUIBILIDADE.....	16
7 RESULTADOS ESPERADOS E CRONOGRAMA.....	16
8 BIBLIOGRAFIA.....	18

1 INTRODUÇÃO

A ciência icnológica apresenta alguns paradigmas, como sua aplicabilidade no diagnóstico de parâmetros paleoecológicos ou na construção de curvas de oscilação da paleobatimetria relativa. Tais paradigmas são fundamentados pela resposta da fauna bioturbadora ante alterações das condições paleoambientais vigentes à época da deposição, resultando na preservação de diferentes padrões comportamentais, que indicam, assim, as estratégias necessárias à sobrevivência do organismo.

Deste modo, a composição icnológica e o padrão arquitetural preservado no registro sedimentar permitem inferências do contexto paleodeposicional e o diagnóstico de variações em parâmetros ambientais, tais como a salidade, oxigenação, energia hidrodinâmica e taxa de sedimentação (Bromley & Ekdale 1984, Ekdale 1988, Beynon & Pemberton 1992, Pemberton & Wightman 1992, Bromley 1996, Martin 2004).

Como exemplo desta dinâmica, mudanças no nível do mar proporcionam alterações nas condições físico-químicas do meio, e assim acarretam na abertura de novos ecoespaços. Assim, o diagnóstico de variações na composição das suítes icnológicas pode fornecer relevantes dados para balizar interpretações de flutuações no nível do mar (*e.g.* Bromley & Asgaard 1993, Savrda 1995, Savrda *et al.* 2001, Fielding *et al.* 2006).

Nessa perspectiva, o projeto proposto abordará as estratégias de colonização do ecoespaço em toda a sucessão devoniana da bacia do Paraná representadas pelas suítes icnológicas e sua aplicabilidade em estudos da curva relativa do nível do mar para o intervalo. Essas informações poderão ainda auxiliar no refinamento cronoestratigráfico do Devoniano da bacia do Paraná e configuram enfoque inédito para as camadas em questão.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A região em estudo insere-se na bacia sedimentar do Paraná, que abrange porções territoriais do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai, com aproximadamente 1.500.000 km². Esta bacia é definida como uma sinéclise intracratônica preenchida com sedimentos paleozoicos, mesozoicos, lavas basálticas e, localmente, rochas cenozoicas (Schneider *et al.* 1974, Milani *et al.* 2007). A evolução de sua sedimentação envolveu complexa interação de fatores tectônicos, paleogeográficos e paleoclimáticos (Santos *et al.* 1996).

Milani *et al.* (2007) reconheceram seis unidades de ampla escala ou Supersequências, delimitadas por superfícies de discordância de caráter inter-regional, as quais sejam: Supersequência Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Supersequência Paraná (Devoniano), Supersequência Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Supersequência Gondwana II (Meso a Neotriássico), Supersequência Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Supersequência Bauru (Neocretáceo).

Os estratos devonianos são agrupados na Supersequência Paraná (Milani *et al.* 2007) e se caracterizam por condições deposicionais marinhas representadas por sucessões sedimentares siliciclásticas que definem ciclos transgressivo-regressivos ligados a oscilações do nível relativo do mar, provenientes de mar epírico, localizado entre 70° a 80° de paleolatidade Sul e com clima frio a temperado na época da deposição (Cooper 1977, Scotese & Mckerrow 1990, Isaacson & Sablock 1990, Cunha 2005).

Os trabalhos de Grahn (1992, 2005), Mendlowicz-Mauller *et al.* (2009), Grahn *et al.* (2013), baseados também em datações relativas (quitinozoários) e dados da estratigrafia de sequências, definem a litoestratigrafia dessas camadas. Esta é caracterizada pelo Grupo Campos Gerais, que engloba, da base para o topo, as Formações Furnas, Ponta Grossa e São Domingos, na última, estando incluso o Membro Tibagi. Por vezes ainda é usual a divisão clássica, definida pelo Grupo Paraná, representado pelas formações Furnas na base e Ponta Grossa no topo, esta subdividida nos Membros Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos (Lange & Petri 1967).

Arcabouços estratigráficos de sequências foram propostos para a região (*e.g.* Assine 1996, 2001, Bergamaschi 1999, Bergamaschi & Pereira 2001), e, mais recentemente, Grahn *et al.* (2013) revisaram o arcabouço de Bergamaschi (1999), que identificou seis sequências deposicionais de terceira ordem para a sucessão devoniana do Paraná. A sequência A compreende depósitos de antepraia e transicionais (deltaicos e estuarinos). As sequências B, C, D e F são constituídas por depósitos representativos de ambientes que vão do *shoreface* ao *offshore*, e em parte dominados por processos de tempestade (Bergamaschi 1999, Grahn *et al.* 2013). O posicionamento cronoestratigráfico dessas unidades pode ser observado na figura 1.

Age	Paraná Basin		Sequences	Spores		Chitinozoans Grahns 2005 Mendlowicz Mauiller et al. 2009
	Apucarana Sub-basin	Alto Garças Sub-basin *		A	B	
Frasnian				IV	TP	U. bastosi S. langel
					BMu	
				BM	BPi	Hoegisphaera glabra
				BJ		
Givetian		Chapada Group unit 4	F	TCO	Trg	Fungochitina microspinata Ancyrochitina taouratinensis
				TA		
Eifelian	São Domingos Fm.		E	AD	Lem	Ramochitina stiphrospinata
				Pre-Lem	Per	Alpenachitina eisenacki
						?
Emsian		Chapada Group unit 2	D	AP	Vel	Ancyrochitina varispinosa**
		Chapada Group unit 3	C	Pre-Vel	GS	Ancyrochitina parisi
Pragian	Ponta Grossa Fm.	Chapada Group unit 2	B	FD	Not yet defined	Ancyrochitina pachycerata
				AB		
Lochkovian				Su		
				PoW		
				Pre-Su	Ems	Ramochitina magnifica
Lochkovian				BZ	E	Urochitina loboi
				Z		
Lochkovian	Furnas Fm.	Chapada Group unit 1	A	MN	NsZ	Angochitina strigosa

Figura 1. Arcabouço cronoestratigráfico da sucessão devoniana na margem leste da Bacia do Paraná (Grahns *et al.* 2013). Sequências (A-F) de acordo com Bergamaschi (1999). Outras legendas: A = Zoneamento de miosporos para a Europa Ocidental após Streel *et al.*, (1987) e Steemans (1989). B = Zoneamento de miosporos para o Gondwana Ocidental (Norte do Brasil), após Melo & Loboziak (2003). Mb Tib. = Membro Tibagi da Formação São Domingos. ** = Biozona informal. *** = Zona *Angochitina praedensibaculata* (modificado de Grahns *et al.* 2013).

Assine (1996) dividiu o sistema devoniano em três sequências deposicionais, correlacionado-as em parte com suas unidades litoestratigráficas (*sensu* Lange & Petri 1967, na seguinte ordem da base topo para o topo, Sequência Lochkoviana (Fm. Furnas – Unid. I e II); Sequência Praguiana-Eifeliana (Fm. Furnas - Unid. III e Fm. Ponta Grossa – Mb. Jaguariaíva e Mb. Tibagi); e Sequência Eifeliana-Frasniana (Fm. Ponta Grossa - Topo do Mb. Tibagi e Mb São Domingos).

A fauna fóssil encontrada nesta sucessão é composta por braquiópodes, trilobites, equinodermos, anelídeos, moluscos bivalves, gastrópodes, tentaculídeos, ostracodes e

calioptomatídeos, além disso, ocorrem fragmentos de plantas e icnofósseis. Nesta fauna há o domínio dos braquiópodes e, no contexto paleobiogeográfico, é incluída no Domínio Malvinocáfrico (Melo 1985), província altamente endêmica que entre o Eodevoniano e o Mesodevoniano estabeleceu-se no Hemisfério Sul, em áreas da atual América do Sul, Antártica e África do Sul (Bosetti *et al.* 2010; Bosetti *et al.* 2011).

Os primeiros registros paleontológicos para as camadas em questão foram realizados por Clarke (1890, 1900), Kayser (1900) e White (1908). A monografia de Clarke (1913) é tida como marco para os estudos no Devoniano da bacia do Paraná, pois apresentou extensa revisão sistemática dos fósseis, além de considerações paleoecológicas, paleogeográficas e paleobiogeográficas.

Desde a consagrada monografia de Clarke (1913), vários grupos de invertebrados foram abordados por diversos autores, enfocando revisões sistemáticas. Dentre esses, destacam-se os trabalhos de Boucot & Gill (1956), com a introdução das discussões referentes ao provincialismo faunístico dos mares devonianos do Hemisfério Sul; Cooper (1977), com correlações faunísticas entre bacias da América do Sul e África do Sul; Morsch (1984a, b) com revisão sistemática dos bivalves e registro de novas espécies; Barcellos Popp (1985) com revisão sistemática dos trilobitas calmonídeos; Melo (1985) com detalhados estudos relativos ao Domínio Malvinocáfrico; Bosetti (1989) e Bosetti & Moro (1989), com estudos sistemáticos referentes ao gênero *Lingula* (Brachiopoda: Inarticulata); Ciguel (1989) com estudos abordando os tentaculitoídeos; Kotzian (1995) e Machado (1999) com revisões sistemáticas de moluscos bivalves; Leme *et al.* (2000) com revisão dos conularídeos; dentre outros trabalhos.

A partir da década de 2000, estudos de cunho tafonômico enfocaram o Devoniano da bacia do Paraná. Esses trabalhos trouxeram novas interpretações para os sistemas deposicionais associados à paleofauna encontrada. Como exemplo, pode-se mencionar o trabalho de Rodrigues *et al.* (2003), que reconheceram classes tafonômicas para os conularídeos, relacionando as associações à eventos de tempestade; de Bosetti (2004), que identificou duas tafofácies de macroinvertebrados marinhos, correlacionando à paleobiodiversidade; Ghilardi (2004), que identificou classes tafonômicas para o registro dos trilobitas; Bosetti *et al.* (2009), que utilizaram tafofácies para correlações estratigráficas; Zabini *et al.* (2010), que reconheceram tafofácies com base em lingulídeos; Horodyski (2014), que realizou análise tafonômica, bioestratigráfica e paleoambiental dos invertebrados marinhos; entre outros estudos. Estes trabalhos almejavam a reavaliação dos conceitos sob a

perspectiva de um novo paradigma, relacionados a aspectos genéticos e paleoecológicos dentro do arcabouço conceitual da estratigrafia de sequências.

Trabalhos de enfoque icnológico também são abundantes para as camadas em questão. A primeira menção de ocorrência icnológica foi realizada por Oliveira (1912, 1927), quando se referiu aos “tubos de vermes” presentes na Formação Furnas. Também pode-se mencionar os trabalhos de Aceñolaza & Ciguel (1987), que compararam os icnofósseis das formações Balcarce (Argentina) e Furnas; Bergamaschi (1992), Borghi (1993, 1994), Ciguel *et al.* (1996), Assine & Góis (1996) e Assine (1996, 1999), que se utilizaram dos icnofósseis para interpretações paleoambientais na formação Furnas; Campanha (1985), que analisou a ocorrência de *Zoophycos*, abundante na Formação Ponta Grossa; Abelha *et al.* (2007), que identificaram diversas icnofácies para essas camadas; Netto *et al.* (2012), que sintetizaram as principais ocorrências icnofossilíferas para o Fanerozoico da Bacia do Paraná e ainda identificaram algumas suítes principais para o Devoniano paranaense; Sedorko *et al.* (2013), que realizaram um levantamento dos trabalhos de cunho icnológico para o Devoniano paranaense; entre diversos outros trabalhos. Em síntese, desde os primeiros registros no início do século XX muito se avançou no conhecimento icnológico do Devoniano paranaense, mas com estudos predominantemente icnotaxonômicos e concentrados na Formação Furnas, rareando para as camadas superiores do referido sistema.

3 JUSTIFICATIVA

As formações devonianas da bacia do Paraná apresentam uma grande variedade de icnofósseis, mas essas feições, relativamente bem conhecidas na Formação Furnas são ainda pouco estudadas na formação Ponta Grossa, com trabalhos difusos e concentrados em escala de afloramento.

Análises detalhadas das sucessivas suítes icnológicas ocorrentes no sistema devoniano da bacia do Paraná são ainda necessárias, bem como o reconhecimento das alterações significativas no padrão comportamental das associações e a sucessão de comunidades residentes e oportunistas ao longo do empilhamento sedimentar. Um modelo dinâmico de icnofácies aplicado à estratigrafia de sequências como ferramenta auxiliar no reconhecimento de tratos de sistemas, bem como a identificação dos padrões de oxigenação, salinidade e paleobatimetria relativa são situações ainda pouco exploradas no Devoniano da bacia do Paraná.

Há várias curvas propostas em escala global para variações no nível do mar do devoniano e também para diversas bacias sedimentares deste intervalo (*e.g.* Johnson *et al.* 1985, Becker & House 1997, Stephens & Sumner 2003, Haq & Schutter 2008). Essas curvas são estabelecidas principalmente a partir de dados de isótopos e bioestratigráficos, que demandam alto custo e equipamentos específicos. Por outro lado, se reconhece que análises icnológicas permitem traçar essas curvas em escala de alta resolução estratigráfica (4ª a 6ª ordem, *e.g.* Bromley & Asgaard 1993, Savrda 1995, Savrda *et al.* 2001, Fielding *et al.* 2006), e que, embora não forneça dados absolutos, o enfoque icnológico possui baixos custos, uma vez que só é necessário o acesso à rocha, e apresenta boa precisão, pois os dados de parâmetros físico-químicos inferidos permitem correlações paleobatimétricas.

Posto que para o Devoniano da bacia do Paraná não há curvas paleobatimétricas propostas, este projeto intenciona testar a aplicabilidade da análise icnológica para traçar curvas em escala de 3ª ou 2ª ordem. Esse enfoque poderá resultar em um método menos custoso e de fácil tratamento dos dados, ou, se demonstrada sua ineficácia, limitar a aplicabilidade da informação icnológica para essas interpretações. Secundariamente, os dados provenientes desta pesquisa elucidarão aspectos da evolução comportamental das suítes icnológicas para o devoniano da bacia do Paraná, permitindo correlações com outras bacias, bem como a resposta da icnofauna às oscilações em parâmetros como oxigenação, salinidade, energia hidrodinâmica e taxa de sedimentação. Os dados icnológicos também proporcionarão refinamento dos arcabouços de sequências propostos para a região (a saber, de Assine 1996, Grahn *et al.* 2013) através do diagnóstico de superfícies estratigráficas, além de possibilitar interpretações do impacto que as mudanças climáticas tiveram na colonização dos paleoambientes devoonianos.

O sistema Devoaniano da bacia do Paraná proporciona algumas vantagens para essa abordagem, uma vez que, por ser um dos laboratórios naturais mais investigados do país, têm muitos dados disponíveis para auxiliar nessas interpretações. O intervalo possui dados bioestratigráficos delimitados (Grahn *et al.* 2013), seu conteúdo paleontológico é estudado há mais de um século (desde a clássica monografia de Clarke 1913), eventos paleobiológicos e de extinção são bem posicionados, como o efeito Lilliput (Bosetti *et al.* 2011, Bosetti *et al.* 2012), interpretações genéticas são proporcionadas por dois arcabouços de sequências (de Assine 1996 e de Bergamaschi 1999, este último atualizado por Grahn *et al.* 2013), e, mais recentemente, possui considerável controle da distribuição vertical das tafofácies, com base em paleoinvertebrados marinhos (Horodyski 2014).

Além disso, o intervalo não apresenta grandes discontinuidades, com apenas dois *gaps* de maior escala, ultrapassando 4 milhões de anos (Grahm *et al.* 2013, ver figura 1). Em superfície, as camadas mais jovens são do Givetiano, contudo, em subsuperfície são diagnosticados estratos até o Fameniano (diamictitos). Assim, a relativa continuidade do registro sedimentar, aliada à riqueza de informações para confrontar com os dados icnológicos obtidos possibilitarão maior acurácia nas interpretações paleoambientais.

Análises geoquímicas a partir de isótopos de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) são reconhecidamente úteis para diagnóstico de *proxies* como salinidade, oxigenação e paleobatimetria, e serão realizadas para se confrontar com a interpretação icnológica proveniente desta pesquisa, uma vez que, na literatura, se reconhece a eficácia das assinaturas icnológicas para o diagnóstico destes *proxies*. Deste modo, os dados geoquímicos obtidos serão o controle para se testar a aplicabilidade da informação icnológica para interpretações paleobatimétricas.

Uma vez que os depósitos da Formação Ponta Grossa são reconhecidamente marinhos e não se têm registros na literatura de ambientes estuarinos, de deltas ou planícies de maré, espera-se que a taxa de salinidade mantenha-se estável para toda a unidade. Porém, na Formação Furnas é apontado, principalmente nas camadas superiores, contexto transicional, o que deverá resultar em variação na curva de salinidade. Por outro lado, há diversos trabalhos que apontam acentuados níveis de decréscimo na oxigenação para a Formação Ponta Grossa (*e.g.* Bosetti *et al.* 2011, Horodyski 2014, Horodyski *et al.* 2014, Sedorko 2015), principalmente na passagem Eifeliano-Givetiano (correlacionados ao Evento Kačák, *sensu* House 2002). Neste sentido, a análise aqui proposta proporcionará também o refinamento da distribuição vertical de mudanças nos parâmetros físico/químicos do meio à época da deposição.

O projeto proposto contribuirá para o conhecimento geológico no sentido de verificar a real aplicabilidade da informação icnológica em análises paleobatimétricas de maior escala (2ª a 3ª ordem) e de elaborar a curva de variação paleobatimétrica para os estratos em análise. Também possibilitará o entendimento de como as suítes icnológicas se estabeleceram e se desenvolveram ao longo do Devoniano na bacia do Paraná. De modo mais específico, será possível refinar as interpretações bio, crono e litoestratigráficas propostas para o intervalo e permitirá a correlação com outras bacias coevas e em escala global.

4 HIPÓTESE DE TRABALHO E OBJETIVOS

O paradigma das Icnofácies resulta em certo zoneamento paleoambiental, indicando as condições dominantes à época da deposição. Uma vez que estas condições, de modo geral, apresentam um gradiente para o ambiente marinho, é possível estabelecer alterações na paleobatimetria relativa, considerando as suítes sobrepostas e sotopostas às camadas em análise. A partir deste modelo de análise, inúmeros trabalhos apresentam inferências das condições de salinidade, de oxigenação e alterações paleobatimétricas para determinado depósito sedimentar. Contudo, por apresentarem alta resolução, estas abordagens são restritas a escalas de 4ª a 6ª ordem.

Além disso, a litofácies nem sempre é conclusiva na definição do paleoambiente deposicional, enquanto que dados icnológicos podem aportar dados fundamentais nesta determinação. Nesta perspectiva, a partir da sucessão vertical das suítes icnológicas do Devoniano e considerando alterações na colonização do ecoespaço, pretende-se realizar inferências de alterações na paleobatimetria relativa ao longo de intervalos de tempo de maior escala (3ª ordem), confrontando com outras fontes de informação, a fim de propor uma metodologia alternativa, de menor custo, ampla aplicabilidade e alta precisão.

Assim, este projeto apresenta como principal hipótese de trabalho que a análise icnológica permite inferências de oscilações no nível do mar em maior escala (3ª ou 2ª ordem) do que vem sendo aplicada.

Diante do exposto, o presente estudo apresenta como objetivo identificar as estratégias de colonização do ecoespaço em toda a sucessão devoniana da bacia do Paraná a partir de dados icnológicos e sua aplicabilidade em estudos da curva relativa do nível do mar para o intervalo. Para tanto, faz-se necessário atingir os objetivos específicos listados abaixo:

1. Identificar as icnofábricas e suítes presentes no depósito sedimentar;
2. Relacionar dados icnológicos obtidos com as interpretações paleoambientais disponíveis para as seções;
3. Inferir o contexto paleoambiental representado pela bioturbação;
4. Diagnosticar superfícies-chave para correlações com camadas coevas do Gondwana;
5. Refinar os arcabouços estratigráficos disponíveis a partir da interpretação icnológica;
6. Construir a curva de oscilação paleobatimétrica para o Devoniano da bacia do Paraná a partir da análise integrada da icnologia e geoquímica;

7. Relacionar a curva de oscilação do nível do mar obtida para os estratos em análise com a curva global e de outras bacias do Gondwana, do mesmo intervalo.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução desse projeto, a metodologia é subdividida em três fases principais, concomitantes e que se inter-relacionam, as quais sejam: pesquisa bibliográfica, coleta de dados em campo e análises laboratoriais.

A pesquisa bibliográfica inclui a busca de referências especializadas para composição do arcabouço teórico e definição da estratégia de análise, além da aplicação ou síntese de modelos na análise integrada proposta. Essa busca é realizada principalmente em periódicos especializados, além de livros e anais de eventos que abordam o tema.

Para a fase de coleta de dados em campo serão prospectadas áreas em seções previamente empilhadas, além da busca de novas seções que poderão ser incluídas nessa análise. Essas seções, listadas abaixo e apresentadas na figura 2, estão localizadas nas proximidades do município de Tibagi-PR, a aproximadamente 220 km de Curitiba:

1. Seção colunar Tibagi - Telêmaco Borba, PR-340 (Bergamaschi 1999);
2. Seção colunar Tibagi - Alto do Amparo, BR-153 (Bosetti & Horodyski 2008);
3. Seção colunar Tibagi - Ventania, BR-153 (Horodyski 2014);
4. Seção colunar Serra do Barreiro (Petri 1948, Melo 1985, Horodyski 2010, Bosetti *et al.* 2011);
5. Área tipo de Euzébio de Oliveira (1912) BR-153.

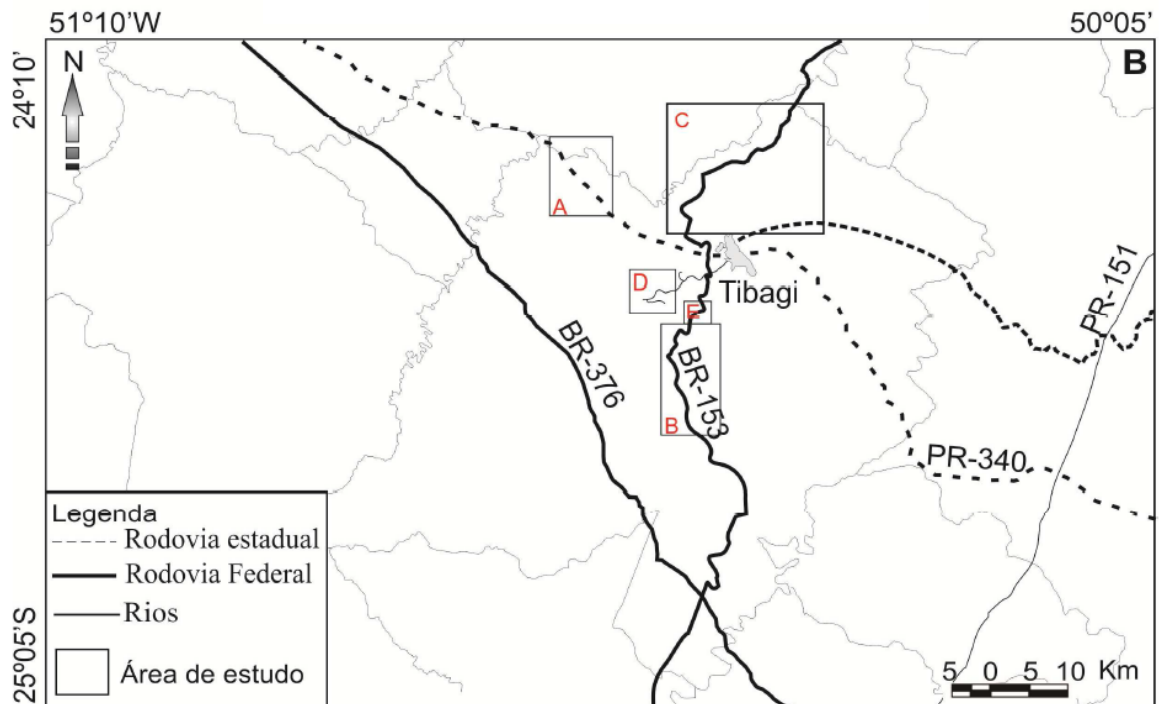


Figura 2. Localização das seções estratigráficas. A. Seção colunar Tibagi - Telêmaco Borba; B. Seção colunar Tibagi - Alto do Amparo; C. Seção colunar Tibagi – Ventania; D. Seção colunar Serra do Barreiro; E. Área tipo de Euzébio de Oliveira (Modificado de Horodyski 2014)

Além das seções de superfície, que agrupam aproximadamente 250 m de rochas sedimentares, serão analisados poços, sendo o principal deles (poço 2-AP-I-PR) localizado próximo ao depocentro sedimentar da sub-bacia de Apucarana, com 654 m de rochas da Formação Ponta Grossa. Os poços selecionados para a análise são listados abaixo e as isópacas apresentadas na figura 3.

1. - Poço Apucarana (2-AP-I-PR)
2. - Poços 2-RI-1-PR e 2-CS-1-PR (Bergamaschi, 1999)
3. - Poço 2-AG-1-MT (Furnas-Vila Maria)
4. - Poço 2-TL-í-MS- Furnas 337 m

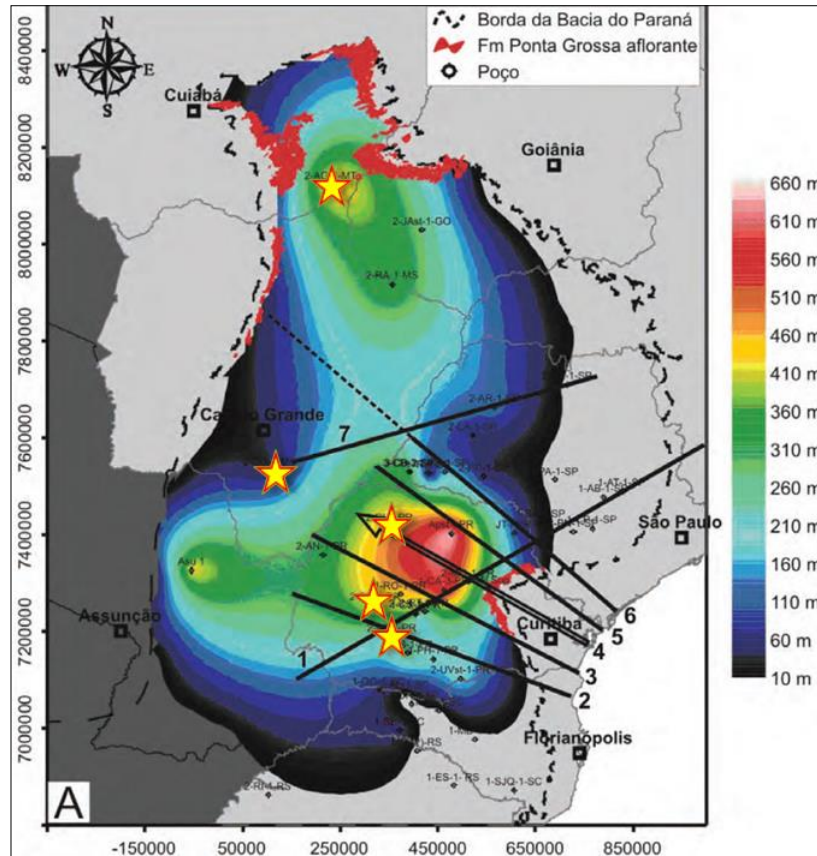


Figura 3. Mapa de isópacas da Formação Ponta Grossa. Em destaque, os poços que serão analisados no presente projeto (Modificado de Ferreira *et al.* 2010)

Nesta fase as seções serão perfiladas a partir do diagnóstico das litofácies e processos deposicionais relacionados, nos quais serão posicionadas as ocorrências icnológicas. A análise icnológica será realizada principalmente com base na visualização em icnofábricas (2D), uma vez que a exposição tridimensional é rara. Para facilitar a visualização das bioturbações em icnofábricas serão realizados cortes em perfil nas seções, que permitirão identificar e distribuir verticalmente as icnofábricas, considerando as classes etológicas e as relações de *tiers* diagnosticáveis. Será realizado registro fotográfico e descrição das ocorrências associando às litofácies identificadas para melhor tratamento dos dados. Essa análise também auxiliará no diagnóstico de superfícies estratigráficas chave.

As análises laboratoriais, principalmente de geoquímica a partir de isótopos de oxigênio, serão realizadas em laboratórios especializados, e possivelmente o doutorado sanduíche a ser proposto abordará esta temática. O material para as análises será proveniente de níveis argilosos, abundantes na Formação Ponta Grossa, uma vez que em registros paleozoicos dificilmente se tem restos orgânicos preservados nos fósseis.

6 EXEQUIBILIDADE

Como apresentado na Justificativa (seção 3 do texto) o sistema Devoniano possui vários estudos prévios em bioestratigrafia, paleobiologia, tafonomia e estratigrafia de sequências. Este panorama oferece diversas informações que podem complementar ou confrontar os dados icnológicos a serem adquiridos nesta pesquisa, o que auxiliará no refinamento da curva de oscilação no nível do mar.

Além disso, o proponente há 7 anos é membro do Grupo Palaios (UEPG-CNPq), que atua em projetos de pesquisa na área desde 2000, tendo assim acumulado muitas informações paleontológicas e também possuindo refinado controle estratigráfico das seções a serem analisadas.

Esta pesquisa terá auxílio financeiro do projeto “Contribuição para atualização do Conhecimento Cronoestratigráfico em Bacias Sedimentares Brasileiras”, coordenado pela Dr^a Renata Guimarães Netto, que custeará a coleta de dados de campo e as análises laboratoriais. Além disso, o proponente é bolsista PROSUP/CAPES, o que auxiliará nas pesquisas e facilitará na dedicação exclusiva à execução desse projeto.

7 RESULTADOS ESPERADOS E CRONOGRAMA

Com a perspectiva de análise proposta, as discussões poderão resultar, no mínimo, em três artigos. O primeiro deles elencará as estratégias de colonização do ecoespaço representadas pela icnofauna e a evolução das suítes icnológicas ao longo do devoniano (provavelmente a ser submetido no periódico *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*). O segundo artigo dará enfoque aos proxies obtidos pela análise dos isótopos nas camadas em análise (a ser submetido no periódico *Palaios*). Por fim, o terceiro artigo estabelecerá a curva de paleobatimetria para o Devoniano da bacia do Paraná, confrontando com a curva de outras bacias do Gondwana e com a curva global (a ser submetido no periódico *Gondwana Research* ou no *Journal of South America Earth Science*, dependendo dos resultados obtidos).

As etapas do cronograma para a execução do projeto de doutorado são divididas em atividades de pesquisa e acadêmicas, e são apresentadas a seguir:

Etapas	2015-1	2015-2	2016-1	2016-2	2017-1	2017-2	2018-1	2018-2
Atividades de Pesquisa								
Levantamento bibliográfico	x	x	x	x	x	x	x	x
Coleta de dados em campo		x	x	x	x	x	x	x
Tratamento dos dados		x	x	x	x	x	x	x
Análises laboratoriais			x	x	x	x	x	
Elaboração dos artigos			x	x	x	x	x	x
Submissão dos artigos				x	x	x	x	x

Etapas	2015-1	2015-2	2016-1	2016-2	2017-1	2017-2	2018-1	2018-2
Atividades acadêmicas								
Apresentação do projeto	x							
Exame de proficiência	x							
Disciplinas	x	x	x					
Seminário inicial		x						
Estágio em docência		x						
Qualificação				x				
Estágio sanduíche				x	x			
Seminário final						x		
Defesa da tese								x

8 BIBLIOGRAFIA

ABELHA M., BORGHI L., FERNANDES A.C.S. 2007. Análise Icnológica da Formação Ponta Grossa (Devoniano) em Afloramentos da Borda Leste da Bacia do Paraná. *In: Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural da UFRJ*, 28, Rio de Janeiro. *Livro de Resumos*. Rio de Janeiro: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ.

ACEÑOLAZA F.G. & CIGUEL J.H.G. 1987. Analisis comparativo entre lãs formaciones Balcarce (Argentina) y Furnas (Brasil). *In: Congreso Geológico Argentino*, 10, San Miguel de Tucumán. *Actas*, San Miguel de Tucumán: SAG, t1. p.299-305.

ASSINE M.L. 1996. Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar), USP, São Paulo, SP. 207 p.

ASSINE M.L. 1999. Fácies, icnofósseis, paleocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas no flanco sudeste da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, p. 357-370.

ASSINE M.L. 2001. O ciclo Devoniano na Bacia do Paraná e correlações com outras Bacias Gondwânicas. *Ciência-Técnica-Petróleo*, seção: Exploração de Petróleo. Rio de Janeiro, 20: 55-62.

ASSINE M.L. & GÓIS J.R. 1996. Traços fósseis de trilobita na Formação Furnas, Bacia do Paraná, Brasil. *In: Simpósio Sulamericano do Siluro-Devoniano*, 1, Ponta Grossa. *Anais*. Ponta Grossa: UEPG-UFPR, v. 1. p. 371-373.

BARCELLOS POPP M.T. 1985. Revisão dos trilobitas calmonídeos e comunidades faunísticas da Formação Ponta Grossa, Devoniano, no Estado do Paraná. Porto Alegre, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências/UFRGS.

BECKER, R. T. & HOUSE, M. R. 1997. Sea-level changes in the Upper Devonian of the Canning Basin, Western Australia, p. 129-146. *In* House, M.R. & Ziegler, W. (eds.) *On Sea-Level Fluctuations in the Devonian*. Courier Forschungsinstitut Senckenberg.

BERGAMASCHI S. 1992. Análise sedimentológica da Formação Furnas na faixa de afloramentos do flanco norte do arco estrutural de Ponta Grossa, Bacia do Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 172p.

BERGAMASCHI S. 1999. Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (Formações Furnas e Ponta Grossa) da sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 167p.

BERGAMASCHI S. & PEREIRA E. 2001. Caracterização de seqüências deposicionais de 3º ordem para o Siluro-Devoniano na sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. *Ciência - Técnica - Petróleo*, seção: Exploração de Petróleo. Rio de Janeiro, 20: 63-72.

BEYNON B.M. & PEMBERTON S.G. 1992. Ichnological signature of a brackish water deposit: an example from the lower Cretaceous Grand Rapids Formation, cold lake oil sands area, Alberta. In: PEMBERTON S.G. *Applications of ichnology to petroleum exploration – A core workshop*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core workshop 17.

BORGHI L. 1993. Caracterização e análise faciológicas da Formação Furnas (Prídoli - Devoniano inferior) em afloramentos do bordo leste da bacia sedimentar do Paraná, estado do Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 227p.

BORGHI L. 1994. Icnofácies da Formação Furnas no estado do Paraná. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 66, n.1, p. 121.

BOSETTI E.P. 1989. *Paleontologia do Lingulida (Brachiopoda: Inarticulata) da Formação Ponta Grossa, Devoniano, Bacia do Paraná, Brasil*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 136p.

BOSETTI E.P. 2004. Tafonomia de alta resolução das fácies de *offshore* da sucessão devoniana da região de Ponta Grossa – Paraná, Brasil. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 137p.

BOSETTI E.P. & MORO N.S. 1989. Análise da estrutura e diversidade Morfotípica de Lingúlídeos em algumas Paleocomunidades fossilizadas in situ na Formação (Devoniano), Bacia do Paraná, Brasil. In: XI Congresso Brasileiro de Paleontologia, *Anais*. Curitiba.

BOSETTI E.P. & HORODYSKI R.S. 2008. Distribuição da macropaleofauna devoniana na seção colunar Tibagi-Alto do Amparo, Tibagi, Estado do Paraná. In: XXIV Congresso Brasileiro de Geologia, 2008. *Anais*. Curitiba: SBG, 1: 787.

BOSETTI E.P., HORODYSKI R.S., ZABINI C., GODOY L.C. 2009. Interpretação paleoambiental na sequência basal da formação Ponta Grossa (Devoniano) do município de Ponta Grossa, Parana, Brasil. *Terr@ Plural* (UEPG.Impresso), 3: 137-156.

BOSETTI, E.P.; HORODYSKI, R.S.; ZABINI, C.; MATSUMURA, W.M.K., PENTEADO, A.C. 2010. Ocorrência de fenótipos subnormais no limite Neoeifeliano/ Eogivetiano, Tibagi, estado do Paraná: implicações tafonômicas e paleossinecológicas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, Ciências Naturais, Belém, 5(2): 135-149.

BOSETTI E.P., GRAHN Y., HORODYSKI R.S., MAULLER P.M., BREUER P. ZABINI C. 2011. An Earliest Givetian “Lilliput Effect” in the Paraná Basin, and the collapse of the Malvinokaffric shelly fauna. *Paläontologische Zeitschrift*. 85, 49-65.

BOSETTI E.P., GRAHN Y., HORODYSKI R.S., MENDLOWICZ MAULLER P. 2012. The first recorded decline of the Malvinokaffric Devonian fauna in the Paraná Basin (southern Brazil) and its cause; taphonomic and fossil evidences. *Journal of South America Earth Sciences*. 37:228–24.

BOUCOT A.J. & GILL E.D. 1956. *Australocoelia*, a new Lower Devonian Brachiopod from South Africa, South America and Australia. *Journal of Paleontology*. Menasha, 30 (5): 1173-8, 126.

BROMLEY R.G. 1996. *Trace fossils: Biology, taphonomy and applications*. Londres: Chapman & Hall, 361p.

BROMLEY, R.G. & ASGAARD, U. 1993. Two bioerosion ichnofacies produced by early and later burial associated with sea-level change. *Geologische Rundschau*, 82, 872–874.

BROMLEY R.G. & EKDALE A.A. 1984. *Chondrites*: a trace fossil indicator of anoxia in sediments. *Science*, 224:9372-874.

CAMPANHA V.A. 1985. O significado do icnofóssil *Zoophycos* na sedimentação da Formação Ponta Grossa (D) Bacia do Paraná. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57.

CIGUEL J.H.G. 1989. Bioestratigrafia dos Tentaculitoidea no flanco oriental da Bacia do Paraná e sua ocorrência na América do Sul. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 233p.

CIGUEL J.H.G., PEDREIRA A.J, GOIS J.R. 1996. Os icnofósseis da localidade de Sitio Cercado, estado do Paraná, Brasil - Formação Furnas. (Siluriano - Devoniano), flanco oriental da Bacia do Paraná. In: Simpósio Sulamericano do Siluro-Devoniano, 1, Ponta Grossa. *Anais*. Ponta Grossa: UEPG-UFPR, v. 1.

CLARKE J.M. 1890. As trilobitas do gréz de Erere e Maecuru, Estado do Pará, Brazil. *Archivos do Museu Nacional*. Rio de Janeiro, 9: 1-58, est. 1,2.

CLARKE J.M. 1900. Moluscos Devonianos do Estado do Pará, Brazil. *Archivos do Museu Nacional*. Rio de Janeiro, 10: 49-174.

CLARKE J.M. 1913. *Fósseis devonianos do Paraná*. Monografia do serviço geológico e mineralógico do Brasil.

COOPER P. 1977. Paleolatitudes in the Devonian of Brazil and the Frasnian-Famennian mass extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 21, 165-207.

CUNHA, P.R.C. 2005. Cicloestratigrafia e interpretação do controle climático na sedimentação Eo/mesodevoniana da Bacia do Amazonas. In: HORBE, A.M.C.; SOUZA, V.S. (Coord.) *Contribuição à Geologia da Amazônia*. Manaus: Gráfica e Editora Silva, v. 4.

EKDALE A.A. 1988. Pitfalls of paleobathymetric interpretations based on trace fossil assemblages. *Palaaios*, 3, 464–472.

FERREIRA, F.J.F., CANDIDO, A.G., ROSTIROLLA, S.P. 2010. Correlação gamaespectrométrica de afloramentos e poços: estudo de caso na Formação Ponta Grossa (Bacia do Paraná, Brasil). *Rev. Bras. Geof.* vol.28 no.3 São Paulo July/Sept.

FIELDING, C.R., BANN, K.L., MACEACHERN, J.A., TYE, S.C., JONES, B.G. 2006. Cyclicity in the nearshore marine to coastal, Lower Permian, Pebbly Beach Formation, southern Sydney Basin, Australia: a record of sea-level fluctuations at the close of the Late Palaeozoic Gondwanan ice age. *Sedimentology*, 53, 435–463.

GHILARDI R.P. 2004. Tafonomia comparada e paleoecologia dos macroinvertebrados (ênfase em trilobites), da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Sub-bacia Apucarana), Estado do Paraná, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, SP. 125 p.

GRAHN, Y. 1992. Revision of Silurian and Devonian strata of Brazil. *Palinology* 16:35-61.

GRAHN, Y. 2005. Devonian quitinozoan biozones of western Gondwana. *Acta Geologica Polonica*. 55:211-227.

GRAHN Y., MAULLER P. M., BERGAMASCHI S., BOSETTI E.P. 2013. Palynology and sequence stratigraphy of three Devonian rock units in the Apucarana Sub-basin (Paraná Basin, south Brazil): additional data and correlation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 11; 198.

HAQ, B.U. & SCHUTTER, S.R. A. 2008. Chronology of Paleozoic Sea-Level Changes. *Science* v. 322.

HORODYSKI, R.S. 2010. Tafonomia dos invertebrados fósseis na seqüênciaeifeliana-frasniana da sucessão devoniana da sub-Bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Tibagi-PR , Brasil. 69.p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HORODYSKI R.S. 2014. Análise tafonômica, bioestratigráfica e paleoambiental dos invertebrados marinhos da região de Tibagi-PR (Devoniano Inferior e Médio da Bacia do Paraná). Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HORODYSKI R.S. HOLZ M., BOSETTI E.P. 2014. Remarks on the sequence stratigraphy and taphonomy of the relictual Malvinokaffric fauna during the Kačák event in the Paraná Basin, Brazil: *International Journal of Earth Sciences*. 103: 367-380.

HOUSE, M.R. 2002. Strength, timing and cause of Mid-Palaeozoic extinctions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 181, p. 5–25.

ISAACSON, P.E. & SABLOCK, P.E. 1990. Devonian palaeogeography and palaeobiogeography of the central Andes. *Geological Society of London*, memoirs.

KAYSER E. 1900. Alguns fósseis paleozóicos do Estado do Paraná. *Revista do Museu Paulista*. São Paulo, 4: 301-311, est. 1,2.

KOTZIAN C. B. 1995. Estudo morfo-funcional e sistemático de bivalves (Mollusca) das Formações Vila Maria (Siluriano) e Ponta Grossa (Devoniano), Bacia do Paraná, Brasil:

interpretação do regime hidrodinâmico – Sedimentar. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 375p., 16est.

LANGE, F.W. & S. PETRI. 1967. The Devonian of the Paraná basin. *Boletim Paranaense de Geociências*. 21(22): 5–55.

LEME J. M., RODRIGUES S.C., SIMÕES M.G. 2000. Systematic of the Conulatae (Cnidaria) of the Ponta Grossa Formation (?Lochkovian-Frasnian), Parana Basin, Brazil. Paleo-2000/SP, SBP, Botucatu, *Boletim de Resumos*, p.9.

MACHADO D.M.C. 1999. *Nuculites* Conrad, 1841 (Mollusca, Bivalvia): sistemática e implicações paleobiogeográficas. Tese de Doutorado Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 289p.

MARTIN K.D. 2004. A re-evaluation of the relationship between trace fossils and dysoxia. In: McILROY D. (ed.) *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*. Geological Society, London, Special Publications.

MENDLOWICZ-MAULLER, P., GRAHN, Y. CARDOSO, P.R.M. 2009. Palinostratigraphy from the Lower Devonian of the Paraná basin, south Brazil, and a revision of contemporary quitinozoa biozones from western Gondwana. *Stratigraphy*, 6:313-332.

MELO J.H.G. 1985. A Província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil. Dissertação de mestrado Ciências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, v.1 880p.

MILANI E.J., MELO J.H.G., SOUZA P.A., FERNANDES L.A., FRANÇA A.B. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2):265-287.

MORSCH S.M. 1984a. Revisão sistemática de Bivalves (Mollusca) provenientes de estratos da Formação Ponta Grossa – Devoniano do Estado do Paraná. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 106p.

MORSCH S.M. 1984b. Nova ocorrência de moluscos (Bivalvia) no Devoniano da Bacia do Paraná. In: Congresso Latino-americano de Paleontologia, México, *Anais*, 96-102 p.

NETTO R.G., TOGNOLI F.M.W., GANDINI R., LIMA J.H.D., GIBERT J.M. 2012. Ichnology of the Phanerozoic deposits of southern Brazil: synthetic review. In: NETTO R.G., CARMONA N.B., TOGNOLI, F.M.W. (orgs). *Ichnology of Latin America: Selected Papers*. Monografias da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2, p. 37-68.

OLIVEIRA E.P. 1912. O terreno devoniano do sul do Brasil. *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, 14, p. 31-41.

OLIVEIRA E.P. 1927. Geologia e recursos minerais do estado do Paraná. Monografia do serviço geológico e mineralógico, (6)172 p.

PEMBERTON S.G. & WIGHTMAN D.M. 1992. Ichnological characteristics of brackish water deposits. In: PEMBERTON S.G. *Applications of ichnology to petroleum exploration – A core workshop*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core workshop 17.

PETRI, S. 1948. Contribuição ao estudo do Devoniano paranaense. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*. Rio de Janeiro, 125p.

RODRIGUES M.A.C. BORGUI, L., SCHUBERT, G. 1988. Novas ocorrências de icnofósseis na Formação Furnas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 60 (1):109.

SANTOS P.R., ROCHA-CAMPOS A.C., CANUTO J.R. 1996. Patterns of Late Palaeozoic deglaciation in the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeodiatology, Palaeoecology*, 125: 165-184.

SAVRDA, C.E. 1995. Ichnologic applications in paleoceanographic, paleoclimatic, and sea level studies. *Palaos*, 10, 565–577.

SAVRDA, C.E., HANNELORE, K., MCCARTHY, F.M.G., MCHUGH, C.M.G., OLSON, H.C., MOUNTAIN, G. 2001. Ichnofabrics of a Pleistocene slope succession, New Jersey margin: relations to climate and sea-level dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 171, 41–61.

SCHNEIDER R.L., MUHLMANN H., TOMMASI E., MEDEIROS R.A., DAEMON R.F., NOGUEIRA A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, *Anais*. Sociedade Brasileira de Geologia. 41-65.

SEDORKO D. 2015. Icnologia e Tafonomia dos depósitos Emsianos da formação Ponta Grossa aflorantes na região de Tibagi e seu significado paleoambiental. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG-PR.

SEDORKO D., NETTO R.G., BOSETTI E.P. 2013. Paleoicnologia do Siluro-Devoniano do estado do Paraná e a obra de John Mason Clarke. *Terr@ Plural*, v.7, p.59 – 74.

STEPHENS, N.P. & SUMNER, D.Y. 2003. Late Devonian carbon isotope stratigraphy and sea level fluctuations, Canning basin, western Australia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.191, p. 203-219.

WHITE I. C. 1908. Relatório sobre as "Coal Measures" e rochas associadas do sul do Brasil. In: *Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil*. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 300p.

ZABINI C., BOSETTI E.P., HOLZ M. 2010. Taphonomy and taphofacies analysis of lingulid brachiopods from Devonian sequences of the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 292: 44-56.