



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

ANNA PAULA DIDUCH

DESCRIÇÃO DE CRUSTACEA MALACOSTRACA DA FORMAÇÃO IRATI,  
PERMIANO SUPERIOR, BACIA DO PARANÁ, BRASIL

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2011

ANNA PAULA DIDUCH

DESCRIÇÃO DE CRUSTACEA REGISTRADO NA FORMAÇÃO IRATI, PERMIANO  
SUPERIOR, BACIA DO PARANÁ

Monografia apresentada como um dos requisitos ao grau de Bacharel em Ciências Biológicas, do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

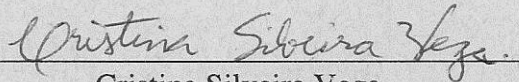
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Cristina Silveira Vega

CURITIBA  
2011

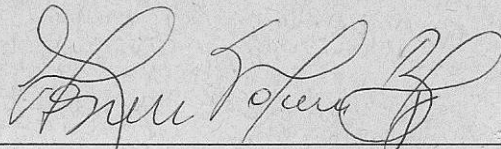
**PARECER DA COMISSÃO DE AVALIAÇÃO  
DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DA DISCIPLINA  
DE ESTÁGIO CURRICULAR**

Aos **09** dias do mês de **dezembro de 2011**, a Comissão de Avaliação da Monografia de Estágio Curricular do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, composta por **Cristina Silveira Vega, Robson Tadeu Bolzon e Carolina Zabini** reuniu-se para proceder à avaliação da Monografia intitulada “Descrição de Crustacea registrado na Formação Irati, Permiano Superior, Bacia do Paraná”, de autoria da acadêmica **Anna Paula Diduch**.

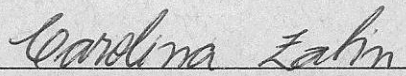
A Comissão julgou o trabalho e atribui a nota 9,7.



Cristina Silveira Vega  
Profa. Orientadora



Robson Tadeu Bolzon  
Membro da Comissão



Carolina Zabini  
Membro da Comissão

Curitiba, 09 de dezembro de 2011.

*Aos meus pais  
Cecilia Rebczuc Diduch e  
Roberto Diduch,  
Com muita admiração,  
Carinhosamente, dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a estimada Professora Dra. Cristina Silveira Vega, pelo exemplo de professora, pesquisadora, agradeço pela orientação, paciência, dedicação, confiança, incentivo, carinho, e pelos ensinamentos disponibilizados durante o tempo de convivência.

Agradeço aos meus pais pelo incentivo, amparo e confiança, e também pelos ensinamentos não científicos, mas tão ou mais importantes que estes. A eles dedico esta conquista.

Ao meu namorado Everson Celso Tratch por fazer parte da minha vida, por ser a pessoa maravilhosa que é, por lutar ao meu lado por nossos sonhos e também pelo incentivo, apoio e por me ajudar a vencer esta etapa.

À Mary Leoni Waszko Tratch, agradeço pelo apoio e compreensão.

À Professora Dra. Graciela Helena Piñeiro Martínez, da Universidade de Montevideo, pelo carinho, pelo material bibliográfico fornecido, e pelos muitos esclarecimentos.

Aos demais familiares, agradeço pelo estímulo.

À minha psicóloga Rosana, que me ensinou a acreditar no meu potencial e tranquiliza-me nos momentos mais difíceis e de descontração.

Agradeço à amiga e colega de laboratório Adriana Strapasson de Souza, pela ajuda na preparação do material e na pesquisa bibliográfica.

Aos demais amigos e colegas que tive a felicidade de conhecer durante a graduação e que me suportaram durante todo esse tempo.

## RESUMO

A Formação Irati constitui a base do Permiano Superior da Bacia do Paraná, e está dividida nos membros Taquaral e Assistência. A formação é constituída por folhelhos e argilitos cinza escuros, folhelhos piro betuminosos, arenitos e calcários. Nessa Formação já foram descritos diversos fósseis, incluindo icnofósseis, vertebrados, invertebrados e plantas. Dentre os invertebrados, são registrados crustáceos pertencentes à Ordem Pygocephalomorpha e ao gênero *Clarkecaris*. No Membro Taquaral, ocorre o gênero *Clarkecaris*, endêmico à bacia, e no Membro Assistência são conhecidos os gêneros *Paulocaris*, *Liocaris* e *Pygaspis*, pertencentes à Ordem Pygocephalomorpha. Esse trabalho tem como objetivo principal realizar a descrição e identificação de um fóssil de crustáceo encontrado em um afloramento da Formação Irati, em um corte de estrada na BR277, no Km 241, próximo ao município de Irati, no Estado do Paraná. O material preservado em folhelho está incompleto. Estão preservados sete somitos abdominais com 2 mm de largura, e 4 mm de altura, cada, sendo observado uma pústula em cada um dos três primeiros somitos. Também existem pústulas seriadas menores nos somitos 2, 4 e 5. O último somito abdominal possui 5 mm de largura, um sulco transversal dividindo o segmento em duas porções, e 12 ornamentações papilares na região anterior, porção superior, acima do sulco. O télson termina em furca. A ausência da carapaça dificulta uma identificação mais precisa, uma vez que muitas características diagnósticas de Pygocephalomorpha estão representadas nessa região. No entanto, apesar de não ser factível excluir a possibilidade da amostra pertencer a essa ordem, as características observadas nos somitos e no télson assemelham-se às daquelas do gênero *Clarkecaris*. Diversas hipóteses são levantadas quanto ao paleoambiente da Formação Irati, indo desde um extenso mar epicontinental, até um grande lago em comunicação com o mar. A identificação precisa desse material, associado à novos achados paleontológicos podem auxiliar nos estudos paleoambientais.

Palavras-chave: Bacia do Paraná, Formação Irati, Crustacea, Pygocephalomorpha, *Clarkecaris*.

## ABSTRACT

The Irati Formation composes the Upper Permian of the Paraná Basin, and is divided into Taquaral and Assistência members. The formation is composed by dark gray shales and mudstones, pyrobituminous shales, sandstones and limestones. On this formation have already been described several fossils including ichnofossils, vertebrates, invertebrates and plants. Among the invertebrates, are recorded crustaceans belonging to the Order Pygocephalomorpha and to the genus *Clarkecaris*. In Taquaral Member, occurs *Clarkecaris*, a genus endemic to the basin, and in the Assistência Member are known *Paulocaris*, *Liocaris* and *Pygaspis* genera, belonging to the Order Pygocephalomorpha. The principal objective of this work is the description and identification of a crustacean fossil found in an outcrop of the Irati Formation, in a road cut at BR277, Km 241, near the city of Irati, State of Paraná. The material preserved on shale is incomplete. Seven abdominal somites are preserved, each of them with 2 mm wide and 4 mm high, being observed a pustule in the first three somites. There are also smaller serial pustules in the somites 2, 4 and 5. The last abdominal somite has 5 mm wide, a transverse groove dividing the segment into two portions, and 12 ornamentations in the anterior region, in the upper portion, above the groove. The telson ends in furca. The absence of the carapace does not allow a more precise identification, since many diagnostic features of Pygocephalomorpha are represented in this region. However, although it is not possible to exclude the possibility of the sample belong to this order, the characteristics observed in the somites and on the telson resemble to those of the *Clarkecaris* genus. Several hypotheses are raised about the paleoenvironment of the Irati Formation. Some authors believe that corresponded to an extensive epicontinental sea, while others believe to represent a great lake in communication with the sea. New paleontological findings may aid in paleoenvironmental studies.

Keywords: Paraná Basin, Irati Formation, Crustacea, Pygocephalomorpha, *Clarkecaris*.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Amostra fóssil de crustáceo.....	14
<b>Figura 2</b> - Mapa mostrando o afloramento e o ponto de coleta.....	16
<b>Figura 3</b> - Mapa da localização da Bacia do Paraná.....	17
<b>Figura 4</b> - Mapa do Gondwana.....	18
<b>Figura 5</b> - Mapa da área das Supersequências.....	19
<b>Figura 6</b> - Carta estratigráfica do Permiano da Bacia do Paraná.....	21
<b>Figura 7</b> - Áreas no Brasil onde aflora a Formação Irati.....	22
<b>Figura 8</b> - Posição geográfica das bacias epicontinentais.....	26
<b>Figura 9</b> - Diagrama básico dos eumalacóstracos.....	28
<b>Figura 10</b> - Diagrama de Pygocephalomorpha.....	30
<b>Figura 11</b> - Esquema geral da carapaça de Pygocephalomorpha.....	31
<b>Figura 12</b> - <i>Paulocaris pachecoi</i> .....	32
<b>Figura 13</b> - <i>Pygaspis brasiliensis</i> .....	33
<b>Figura 14</b> - Carapaça de <i>Liocaris augusta</i> .....	33
<b>Figura 15</b> - <i>Notocaris tapscotti</i> em vista lateral.....	34
<b>Figura 16</b> : <i>Clarkecaris brazilicus</i> em vista dorsal.....	36
<b>Figura 17</b> - Visão geral do fóssil de Crustacea(NR 7487).....	38
<b>Figura 18</b> : Somitos abdominais, evidenciando as pústulas.....	39
<b>Figura 19</b> : Somitos que possuem pústulas maiores.....	39
<b>Figura 20</b> : Somitos abdominais com expansões laterais nas pleuras .....	40
<b>Figura 21</b> : Sétimo somito abdominal com pústulas .....	41
<b>Figura 22</b> : Detalhe das pústulas do sétimo somito abdominal.....	41
<b>Figura 23</b> : Telson e expansão lateral.....	42

<b>Figura 24:</b> Diagrana de Pygocephalomorpha, <i>Clarkecaris</i> e Amostra estudada.....	43
<b>Figura 25:</b> Diagrama da amostra segundo a descrição de Pygocephalomorpha.....	44
<b>Figura 26:</b> <i>Pygaspis ginsburgi</i> apresentando espinhos.....	44
<b>Figura 27:</b> Ilustrações da amostra, segundo a descrição de <i>Clarkecaris</i> .....	45
<b>Figura 28:</b> Télson de <i>Clarkecaris brazilicus</i> mostrando a furca.....	46

**LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1:</b> PALEOAMBIENTE E CRUSTÁCEOS DOS MEMBROS ASSISTÊNCIA E TAQUARAL.....	27
<b>TABELA 2:</b> COMPARAÇÃO DE <i>PAULOCARIS</i> , <i>LIOCARIS</i> E <i>PYGASPIS</i> .....	35

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1. Aspectos gerais do estudo.....	12
1.2. Objetivos.....	13
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	14
2.1 Localização do afloramento de proveniência da amostra fóssil estudada.....	15
<b>3. BACIA DO PARANÁ</b> .....	17
<b>4. CRUSTACEA</b> .....	28
4.1. Pygocephalomorpha .....	29
4.2. <i>Clarkecaris</i> (Mezzalira,1952).....	35
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
5.1. Descrição do material .....	38
5.2. Discussão .....	42
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	48
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b> .....	50

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Aspectos gerais do estudo

O Permiano da Bacia do Paraná é muito conhecido pelo seu importante conteúdo paleontológico, como os répteis mesossaurídeos e a flora de *Glossopteris*, que permitiu a White, em 1908, fazer a correlação entre os depósitos do Paleozoico do sul do Brasil, África do Sul, Austrália e Índia.

A região sedimentar da Bacia do Paraná compreende porções do território brasileiro, do Paraguai, da Argentina e do Uruguai, se estendendo assim por uma área de 1,5 milhões de quilômetros quadrados. A Bacia tem forma ovalada, sendo seu contorno definido por limites erosivos relacionados principalmente com a história geotectônica meso-cenozóica do continente (MILANI *et.al.*, 2007).

Segundo Milani e colaboradores (2007), o registro estratigráfico da Bacia do Paraná abrange um pacote sedimentar-magmático com espessura em torno de 7 mil metros, estruturado em seis Supersequências, com algumas dezenas de milhões de anos de duração, denominadas Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru. as três primeiras são sucessões sedimentares que representam ciclos transgressivos-regressivos ligados a oscilações do nível do mar no Paleozoico. Já as supersequências Gondwana II, Gondwana III e Bauru constituem pacotes sedimentares continentais contendo rochas ígneas associadas.

Foram descritos três grupos na Supersequência Gondwana I, denominados Itararé, Guatá e Passa Dois (MILANI *et.al.*, 2007). A base do Grupo Passa Dois corresponde à Formação Irati, constituída por folhelhos e argilitos cinza escuros, folhelhos piro betuminosos, arenitos e calcários, aflorando entre os estados do Rio Grande do Sul a Goiás, e encontra-se acima da Formação Palermo e abaixo das Formações Serra Alta e Corumbataí (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

A Formação Irati constitui a base da sequência permiana superior e representa um extenso mar epicontinental, progressivamente mais salino da base para o topo, que cobriu o sul do Gondwana. A principal estrutura sedimentar é a laminação plano-paralela, mas nos estratos carbonáticos são observados localmente marcas onduladas, laminação cruzada, brechas intraformacionais,, além de

estratificações cruzadas *hummocky* (SCHNEIDER *et al.*, 1974; CASTRO 1988 *apud* LAGES 2004, HACHIRO, 1996 *apud* LAGES 2004 ).

Nessa formação já foram descritos diversos fósseis, incluindo icnofósseis, vertebrados, invertebrados e plantas (VIEIRA *et.al.*, 1991; RODRIGUES & PINTO, 2002, SEDOR & SILVA, 2004; RICARDI-BRANCO *et.al.* 2008; CHAHUD & PETRI 2009).

Nela também são encontrados crustáceos pertencentes à Ordem Pygocephalomorpha e ao gênero *Clarkecaris* (Mezzalira, 1952). Na Formação Irati, crustáceos malacóstracos são fósseis relativamente comuns. No Membro Taquaral, ocorre o gênero *Clarkecaris*, endêmico à bacia. No Membro Assistência são conhecidos os gêneros *Paulocaris*, *Liocaris* e *Pygaspis*, pertencentes a Ordem Pygocephalomorpha (MEZZALIRA,1971).

## 1.2. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi a descrição e identificação do material fóssil de Crustacea (NR 7487) encontrado em um afloramento da Formação Irati, na Bacia Sedimentar do Paraná, e também obter possíveis inferências paleoambientais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material em estudo consiste de uma amostra em folhelho pirobetuminoso, contendo os somitos posteriores de um fóssil de crustáceo (Figura 2).



**Figura 1:** Amostra fóssil estudada (NR 7487). Fonte: o autor. Escala 1 cm.

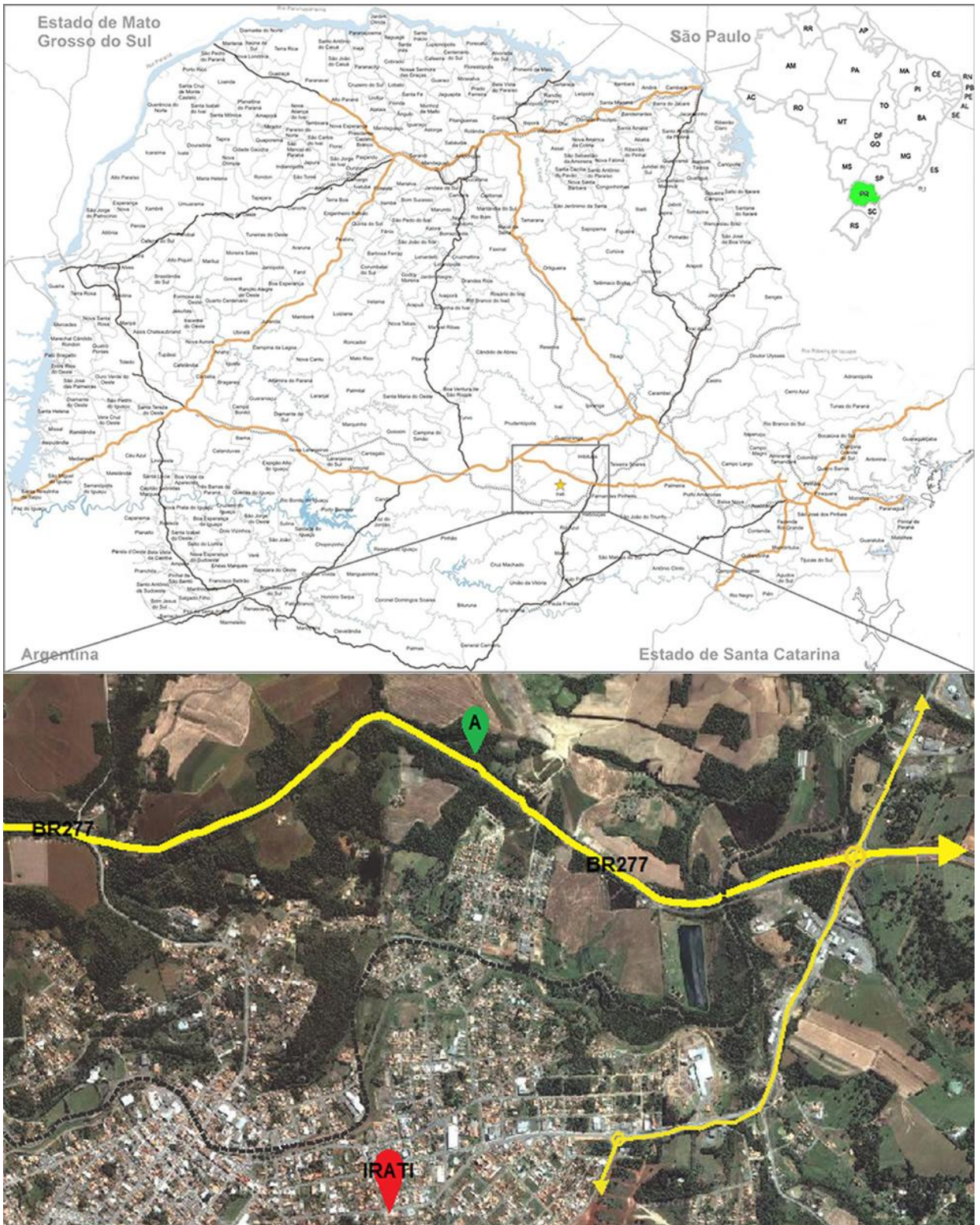
O material analisado já estava quase totalmente exposto, desse modo o breve trabalho de preparação teve o objetivo de expor melhor pequenas porções cobertas que poderiam fornecer informações complementares na análise.

A técnica utilizada neste trabalho consiste na preparação mecânica. A retirada da matriz foi feita com o uso de um martelo pneumático. Com o auxílio do martelo pneumático, sob um microscópio estereoscópico, o sedimento foi delicadamente removido.

Foi realizada a observação em microscópio estereoscópio para a identificação e descrição das estruturas. A descrição teve como base o diagrama geral dos eumalacóstracos apresentado peloa autores Martin & Davis (2007), e nas descrições dos gêneros de crustáceos, apresentadas na literatura, encontrados na Formação Irati.

### **2.1. Localização do afloramento de proveniência da amostra fóssil estudada**

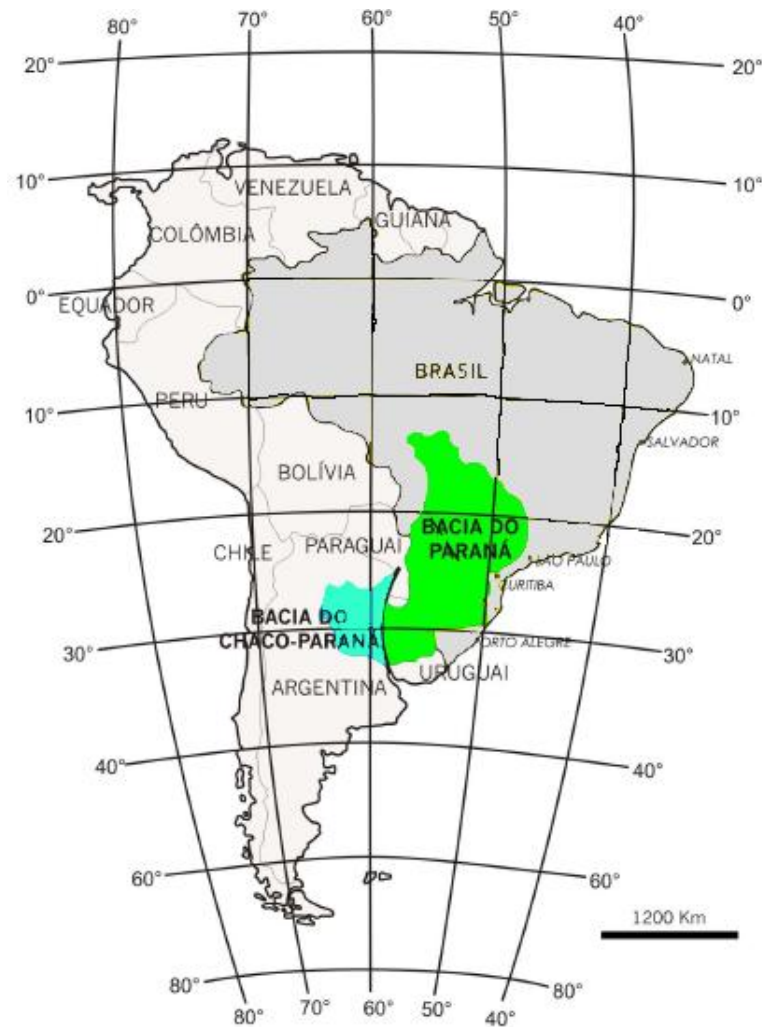
A amostra foi coletada em 2007 por Bruno Nagalli do Curso de Geologia da UFPR, em um corte de estrada na BR 277, Km 241 (Figura 1), próximo ao município de Irati (25.44947S, 50.63715W), localizado no Estado do Paraná. A amostra encontra-se depositada na Coleção de Paleontologia do Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná registrada com o número NR 7487.



**Figura 2:** Mapa do Estado do Paraná, mostrando a área do município de Irati, onde encontra-se o afloramento em um corte de estrada, na BR 277, Km 241, Formação Irati. O ponto “A” indica a localização do afloramento onde foi coletada a amostra. Fonte: modificado de Paranaidade<sup>®</sup> e Google<sup>®</sup>.

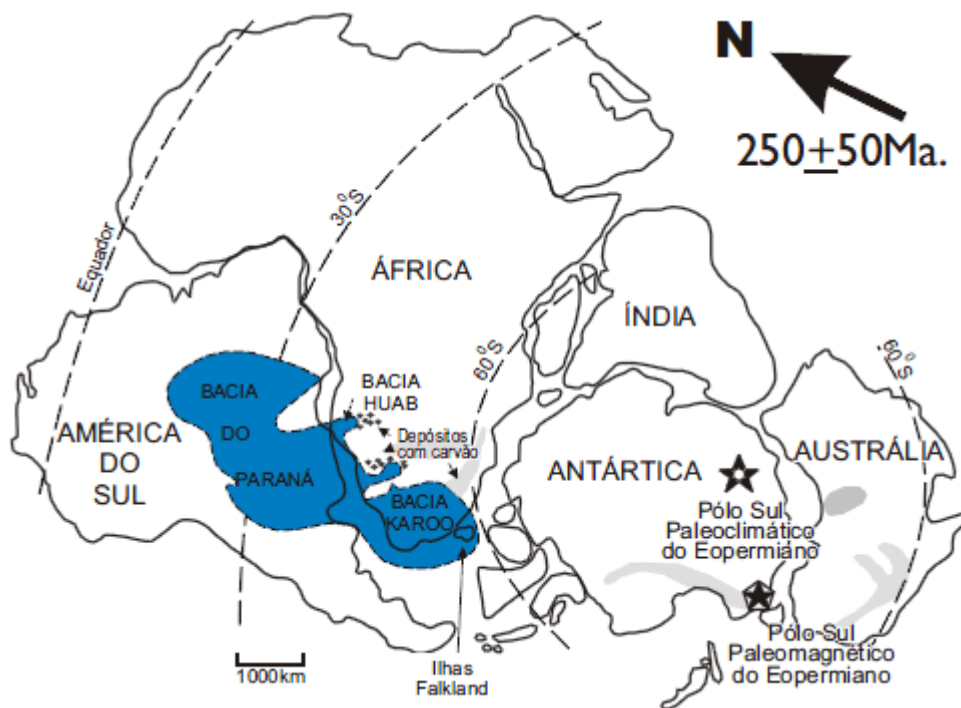
### 3. BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná é bastante conhecida pelo seu importante conteúdo fossilífero. A região sedimentar da Bacia (Figura 3) compreende porções meridionais do território brasileiro, parte oriental do Paraguai, nordeste da Argentina e norte do Uruguai, se estendendo assim por uma área de 1,5 milhão de quilômetros quadrados. A Bacia tem forma ovalada, sendo seu contorno definido por limites erosivos relacionados principalmente com a história geotectônica meso-cenozóica do continente, documentando assim quase 400 milhões de anos da história geológica fanerozóica dessa região do planeta (MILANI *et.al.*, 2007).



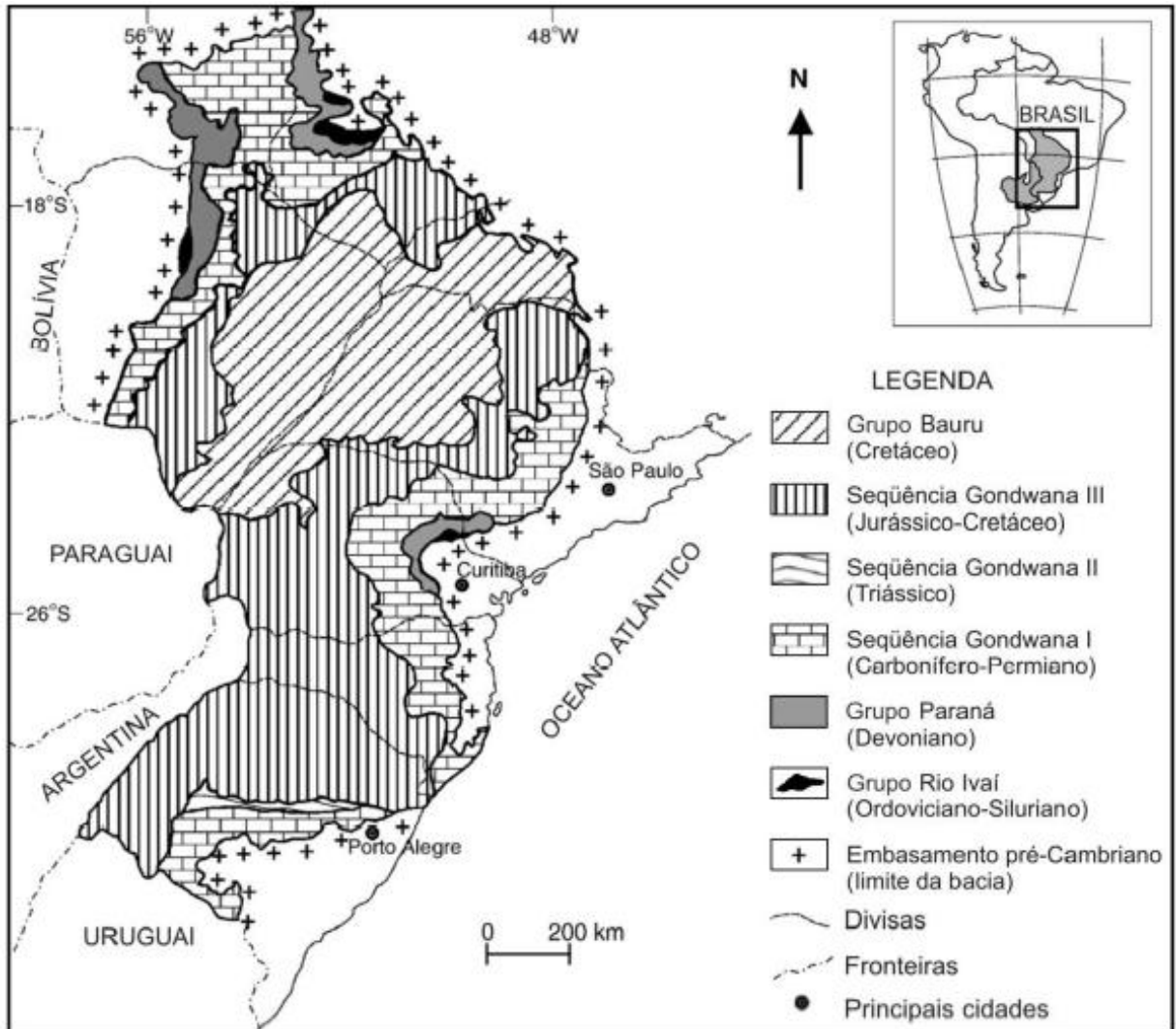
**Figura 3:** Mapa da localização da Bacia do Paraná. Fonte: modificado de Schneider *et.al.* 1974.

A Bacia do Paraná é considerada uma típica bacia intracratônica (MILANI & RAMOS, 1998). Assim, se uma bacia sedimentar está na porção central de um continente, não terá sedimentação marinha. Entretanto, a marcante presença de pacotes marinhos nas bacias paleozóicas interiores (Figura 4) requer efetivas comunicações do contexto intraplaca ao oceano durante alguns intervalos de tempo de sua história evolutiva (MILANI & RAMOS, 1998).



**Figura 4:** Mapa do Gondwana mostrando a posição aproximada do "mar" (porção azul) onde ocorreu a deposição da Bacia do Paraná. Fonte: Lages, 2004.

Milani e colaboradores (2007) afirmam que o registro estratigráfico da Bacia do Paraná abrange um pacote sedimentar-magmático com espessura em torno de 7 mil metros, estruturado em seis Supersequências (Figura 5), com algumas dezenas de milhões de anos de duração, denominados Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). Os três primeiros são sucessões sedimentares que representam ciclos transgressivos-regressivos ligados a oscilações do nível do mar no Paleozóico. Já as supersequências Gondwana II, Gondwana III e Bauru constituem pacotes sedimentares continentais contendo rochas ígneas associadas.



**Figura 5:** Mapa mostrando as área das Superseqüências propostas por Milani *et al.* (2007).  
Fonte: retirado de Tomassi, 2009.

A Superseqüência Gondwana I (Carbonífera– Eotriássica) sucedeu ao ápice das condições glaciais. A sedimentação foi retomada com o degelo (EYLES *et al.*, 1993 *apud* MILANI & RAMOS, 1998), que causou um mecanismo de transporte e deposição, retrabalhando o substrato.

Segundo Milani e colaboradores (2007) A Superseqüência Gondwana I documenta um ciclo transgressivo-regressivo completo, que se inicia na base do pacote glacial pensilvaniano, atinge condições de máximo afogamento marinho no Artinskiano, e encerra em depósitos continentais já no início do Mesozóico. O Grupo Itararé e a Formação Aquidauana definiram ciclos de sedimentação com afinamento de grão da base para o topo, que corresponderiam a mudanças ligadas a uma subida do nível relativo do mar. Observa-se no Grupo Guatá a tendência

transgressiva da sedimentação pós-glacial, sendo comum o retrabalhamento dos lobos deltaicos por ação de marés.

A Supersequência Gondwana I abrange o maior volume sedimentar da Bacia do Paraná, exibindo espessura total máxima de 2.500 m. Esta unidade reflete uma grande variedade de condições deposicionais, de marcada influência glacial até um amplo e árido interior continental com domínio de campos de dunas eólicas (Figura 9) (MILANI *et.al.*, 2007).

Essa supersequência (Figura 6) compreende as diversas formações componentes do Grupo Itararé, composto pelas formações Lagoa Azul, Campo Mourão, Taciba e Aquidauana, e do Grupo Guatá, formado por rochas de ambiente deltaico, marinho e litorâneo da Formação Rio Bonito e marinhos da Formação Palermo (MILANI *et.al.*, 2007), essa constituída por siltitos e siltitos arenosos cinza-amarelados, apresentando bioturbação, localmente encontra-se arenitos finos em corpos de geometria lenticular, estratificação do tipo hummocky e folhelhos cinza-escuros correlacionados à máxima inundação da Supersequência Gondwana I (MILANI, 1997 *apud* MILANI *et.al.*, 2007). Além do Grupo Passa Dois composto pelas formações Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto, registrando, ao seu final, o início da instalação de um clima desértico na bacia (MILANI & RAMOS, 1998; SILVA *et.al.* 2003, MILANI *et.al.*, 2007).

O Grupo Passa Dois corresponde ao pacote sedimentar com idade permiana superior (MILANI *et.al.* 2007). Possui áreas de afloramento principalmente nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul no Brasil, e também no Uruguai e Paraguai (SCHNEIDER *et.al.* 1974). A sedimentação desse grupo desenvolveu-se acompanhando uma tendência regressiva, onde sistemas continentais passam a dominar a bacia de acumulação (MILANI *et.al.* 2007).

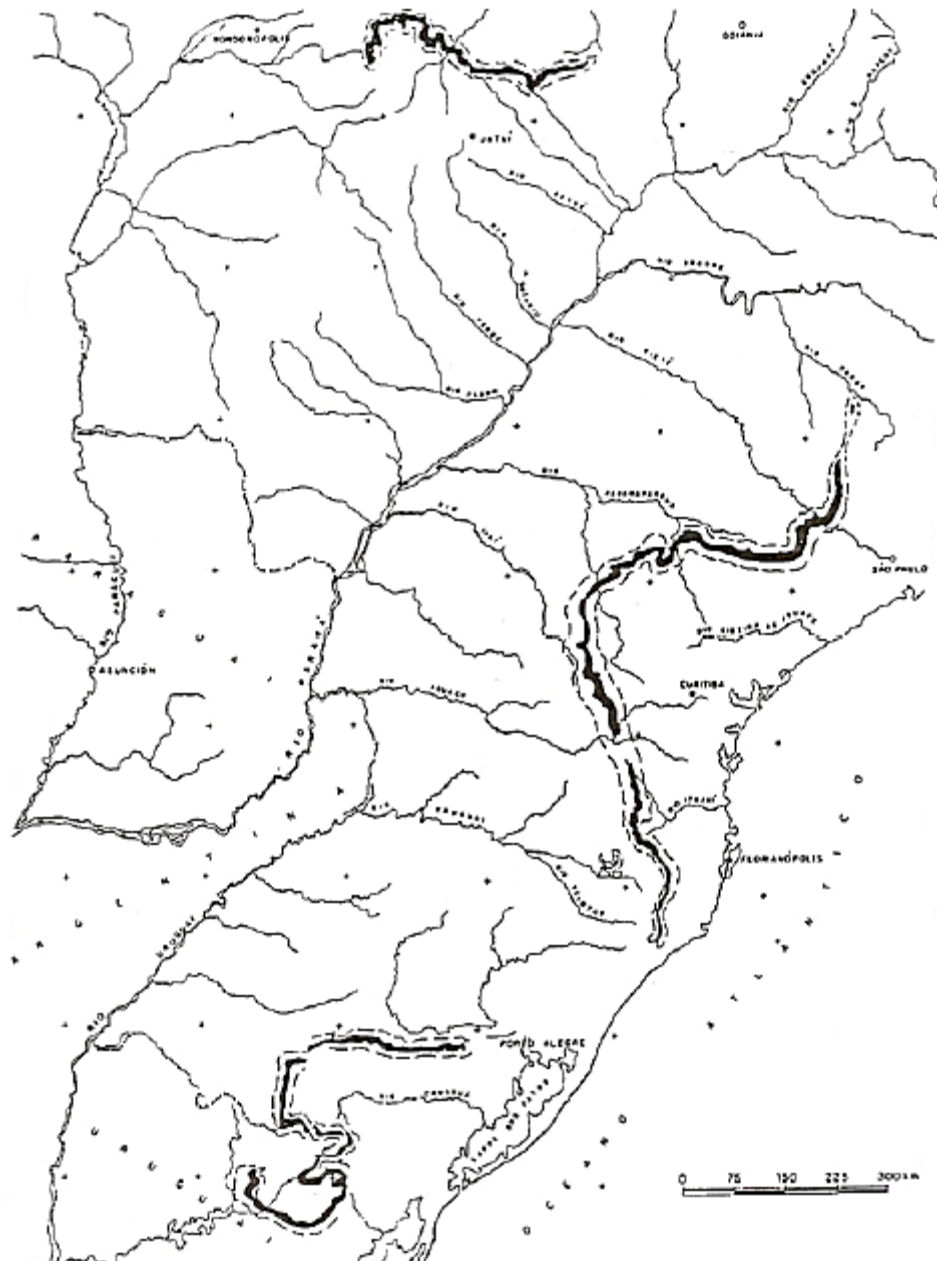
Ma	GEOCRONOLOGIA			NATUREZA DA SEDIMENTAÇÃO	AMBIENTE DEPOSICIONAL	LITOESTRATIGRAFIA			SEQÜÊNCIAS
	ERA PERÍODO	ÉPOCA	IDADE			GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	
250	TRIASSICO	NEO	NORIANO	CONT.	FLÚVIO-LACUSTRE	PASSA DOIS	SANTA MARIA	MORRO PELADO SERRINHA	GONDWANA II
			CARNIANO						
		MESO	LADINIANO						
			ANISIANO						
			OLENKIANO						
	PERMIANO	LOPINGIANO	CHANGSINGIANO	CONTINENT. MARINHA	EÓLICO FLUVIAL LAGOS RASOS	PASSA DOIS	RIO DO RASTO	MORRO PELADO SERRINHA	GONDWANA I
			WUCHIAPINGIANO						
		GUADALUPIANO	CAPITANIANO						
		CISURALIANO	WORDIANO						
			ROADIANO						
KUNGURIANO									
CARBONIFERO	PENNSYLVANIANO	ARTINSKIANO	CONTINENT. MARINHA	PERI-GLACIAL	GUATÁ	IRATI	ASSISTÊNCIA TAQUARAL	GONDWANA I	
		SAKMARIANO							
		ASSETIANO							
		GZHELIANO							
		KASMOVIANO							
	MISSISSIPIANO	MOSCOVIANO	CONTINENT. MARINHA	PERI-GLACIAL	ITARARÉ	CAMPO MOURÃO	L. AZUL	C. TENENTE	GONDWANA I
		BASHKIRIANO							
		SERPUKHOVIANO							
		WISEANO							
		TOURNAISIANO							
300									
350									

Figura 6: Carta estratigráfica do Permiano da Bacia do Paraná. Modificado de Milani *et.al.*, 2007.

O contato entre as unidades do Grupo Passa Dois são subjetivos, e não se configuram como superfícies ideais estendíveis de norte a sul e de leste a oeste (MENDES, 1984). Segundo Mendes, a compartimentalização deste grupo em formações é polêmica, variando quase que de autor para autor, sendo que aquilo que um considera simplesmente como fácies outro trata como membro ou formação.

O Grupo Passa dois está dividido em cinco formações: Irati, Corumbataí, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto. Na porção sul da Bacia do Paraná é constituído pela Formação Irati, Formação Serra Alta e Formação Rio do Rasto, e pelas formações Irati e Corumbataí nos estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso (SCHNEIDER *et.al.* 1974; MILANI *et.al.* 2007).

A base do Grupo Passa Dois corresponde à Formação Irati. Esta ocupa uma área de, aproximadamente, 1.000.000 km<sup>2</sup> (HACHIRO, 1996 *apud* LAGES 2004). A deposição da Formação Irati ocorreu no Neopermiano (Kazaniano). É constituída por folhelhos e argilitos cinza escuros, folhelhos pirobotuminosos, arenitos e calcários, aflorando nos estados do Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 7) (SCHNEIDER *et al.*, 1974), provavelmente no Paraguai como também na Bacia do Chaco-Paraná no Uruguai (Formação Mangrullo) e Argentina, (HACHIRO, 1996 *apud* LAGES 2004).



**Figura 7:** Mapa das áreas no Brasil onde aflora a Formação Irati e Uruguai onde aflora a Formação Mangrullo pintadas em preto . Fonte: Preto, 2009.

Pode-se perceber diferenças na deposição dos sedimentos ao longo da formação. Nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, há o predomínio das camadas pirobetuminosas, já no Estado de São Paulo observa-se um aumento na deposição dos carbonatos e uma diminuição na espessura das camadas de folhelho (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

A deposição da Formação Irati tem apresentado inúmeras discussões com relação à reconstrução paleoambiental. Segundo Schneider *et al.* (1974), essa Formação registra o máximo da inundação no final do Paleozóico da Bacia do

Paraná. Para Amaral (1971, citado por MEZZALIRA, 1980a) essa Formação formou-se pela presença de um grande lago, em comunicação para o mar, principalmente na região sul da bacia.

Para Milani e colaboradores (2007) a Formação Irati documenta uma efetiva restrição à circulação de águas que levou a um contexto ambiental hipersalino na bacia interior. Sob tais condições, acumularam-se carbonatos e evaporitos na porção norte, e folhelhos betuminosos na porção sul da bacia.

Também há evidências na Formação Irati da atuação de ondas de tempestades de regiões de costa afora através de camadas apresentando laminação ondulada e estratificação cruzada. As condições de tempestades podem ter causado mortalidade catastrófica em toda a assembléia de organismos, quando revolviavam o fundo anóxico e colocavam em suspensão um grande volume de sedimento fino e tóxico (FERREIRA *et.al.*, 2006 *apud* PROVENCI, 2007). Lavina (1991, citado por LAGES, 2004) também identificou na Formação Irati, tempestitos que apresentariam estratificação cruzada *hummocky* e frequentemente concentrações de ossos de mesossaurídeos e carapaças de crustáceos.

Em decorrência do seu potencial econômico e do seu conteúdo fossilífero, a Formação Irati tornou-se objeto de numerosos estudos (GUIMARÃES & ANJOS 2008). Essa formação apresenta uma reserva de 700 milhões de barris de óleo, 9 milhões de toneladas de gás liquefeito (GLP), 25 bilhões de metros cúbicos de gás de xisto e 18 milhões de toneladas de enxofre (PETROBRAS 2012).

Fósseis de répteis (*Mesosaurus*), crustáceos (*Paulocaris*, *Pygaspis*, *Liocaris*, *Clarkecaris*), insetos, vegetais, e dentes e escamas de peixes já foram encontrados ao longo da Formação Irati e auxiliam no estabelecimento cronoestratigráfico e do cenário paleoambiental para o Permiano desta bacia.

A presença de mesossaurídeos, permite realizar excelentes correlações estratigráficas com unidades eopermianas do sul da África (LAGES, 2004). Segundo Sedor & Silva (2004), a distribuição dos mesossaurídeos dos gêneros *Brazilosaurus* e *Stereosternum* estaria relacionada a águas rasas. Segundo Mezzalira (1980b) a presença de *Clarkecaris brazilicus*, na Formação Irati, que indicaria ambiente de água doce, também a presença de madeiras fósseis poderia indicar, pelo menos, proximidades da costa.

Vieira e colaboradores (1991) também relatam a presença de fósseis de mesossaurídeo, *Stereosternum tumidum*; do crustáceo *Liocaris huenei*, icnofósseis indeterminados e restos orgânicos de animais na formação.

Ricardi-Branco e colaboradores (2009) descreveram para a Formação Irati a presença de um campo de estromatólitos gigantes, fragmentos de carapaças de crustáceos e mesossauros. Petalodontes e ctenacanthiformes, peixes típicos de águas salinas, em conjunto com o anfíbio *Temnospondyli* de ambientes continentais ou águas doces também são encontrados (CHAHUD, 2007 *apud* CHAHUD & PETRI, 2008). Essa associação de organismos de água doce e água salgada pode sugerir um caráter alóctone para os fósseis, sendo difícil uma interpretação segura do provável paleoambiente (CHAHUD & PETRI, 2008).

A ocorrência de fósseis de braquiópodos inarticulados como ostracodes, foraminíferos além de escamas e ossículos de peixes paleoniscídeos, constitui um forte argumento a favor de uma sedimentação marinha costeira, em condições de baixa salinidade ou talvez de salinidade em boa parte da Bacia do Paraná (CAMPANHA, 1985 *apud* LAGES, 2004).

Mezzalira (1980a) também relata a presença dos crustáceos *Paulocaris pachecoi*, *Liocaris huenei*, *Liocaris sp.*, *Pygaspis brasiliensis*, *Clarkecaris brazilicus*, além de escamas e espinhos de peixes paleoniscídios, espículas de esponjas, répteis, bivalves, plantas entre outros

A Formação Irati apresenta também materiais lenhosos como *Myelontorodoxy lon camposii*, (MERLOTTI, 2009). O estudo de troncos fósseis revelou a presença de recursos xeromórficos em diversos gêneros que poderiam indicar clima mais quente. Tais características refletem alta especialização ou adaptação para sobrevivência em ambientes inóspitos, como os de aeração escassa, ou de águas salobras ou impróprias à vida, com chuvas temporárias e períodos de seca (MUSSA *et al.*, 1980 e MUSSA, 1986 *apud* LAGES, 2004; TOMASSI, 2009).

Alves (2001, citado por LAGES 2004) verificou que os troncos fósseis da Formação Irati apresentaram anéis de crescimento estreitos e com largura uniforme, indicando alternância regular de estações secas e úmidas, respectivamente, no verão e no inverno. O clima talvez tivesse sido similar ao do tipo mediterrâneo, apresentando condições áridas e semiáridas, com curtas estações chuvosas.

Insetos fósseis não são muito comuns na Formação Irati, mas existem alguns registros no Rio Grande do Sul e no Estado de São Paulo (LAGES, 2004).

Como citado anteriormente, os crustáceos tem grande importância estratigráfica para a Formação Irati, uma vez que o gênero *Clarkecaris* é apontado como fóssil-guia para o Membro Taquaral, principalmente no Estado de São Paulo, e os gêneros *Pygaspis*, seguido de *Liocaris*, e *Paulocaris* são encontrados nessa ordem, da base para o topo no Membro Assistência

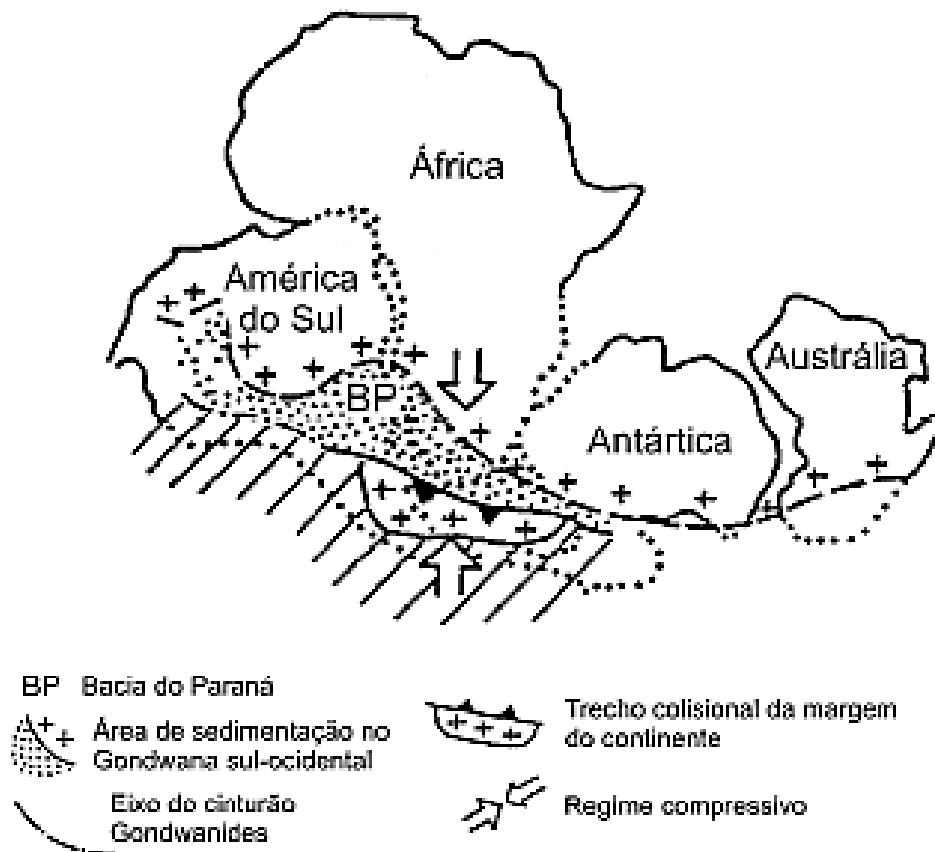
Dessa forma, a Formação Irati apresenta variações regionais estratigráficas e de assembléia fossilífera, registrando fósseis característicos de água doce a água salobra, e continentais, o que possibilita diversas interpretações paleoambientais.

A Formação Irati pode ser subdividida em dois membros denominados Taquaral e Assistência, (SCHNEIDER *et al.*, 1974; MILANI. *et.al.*, 2007). No entanto para Bigarella (1971 citado por MEZZALIRA, 1980a) a subdivisão da Formação Irati no estado de São Paulo se dá com a inclusão de parte das camadas inferiores atribuídas à Formação Corumbataí. A inclusão destas camadas na Formação Irati já foi sugerida por Mendes e colaboradores (1966 citado por MEZZALIRA, 1980a). Dessa forma, no norte do Paraná e São Paulo a Formação Irati seria subdividida em três membros: Taquaral, Assistência e Serra Alta (BIGARELLA, 1971 *apud* MEZZALIRA, 1980a). Contudo, é adotada neste trabalho a subdivisão em dois membros: Taquaral e Assistência.

Segundo Schneider e colaboradores (1974) o Membro Taquaral possui cerca de 10 a 20 m, e é formado por siltitos e folhelhos cinza claros, com laminação paralela, representando deposição em ambiente marinho de águas calmas, abaixo do nível das ondas. São encontrados fósseis como Chondrichthyes e crustáceos do gênero *Clarkecaris*. A presença de *Clarkecaris brazilicus*, no Membro Taquaral, indicaria ambiente de água doce (MEZZALIRA, 1980a). *Clarkecaris brazilicus* constitui o fóssil-guia dessa camada (MEZZALIRA, 1957).

O Membro Assistência é constituído por folhelhos cinza escuros, nos quais se intercalam folhelhos pretos pirobetuminosos associados a horizontes de calcários amarelo e cinza escuros, por vezes dolomíticos, e situados na parte superior da Formação Irati (SCHNEIDER *et al.* 1974). Seu conteúdo fossilífero compreende os répteis *Mesosaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum*, restos de vegetais, de peixes e de crustáceos, além de palinórfos (SCHNEIDER *et al.* 1974). (SCHNEIDER *et al.* 1974). Pode alcançar cerca de 40 m nas regiões centrais da bacia (HACHIRO, 1996 *apud* LAGES, 2004).

Para Milani (1997 citado por PROVENCIO, 2007) o registro sedimentar observado nas rochas do Membro Assistência retrata um ambiente com severas restrições à circulação de água com alta salinidade, assim poderia representar um contexto de deposição em um golfo ou em um mar epicontinental com águas hipersalinas (Figura 8). Araújo (2001, citado por LAGES, 2004) também pressupõe a existência de um mar restrito, com comunicação interna plena. No entanto, Lavina (1991, citado por PROVENCIO, 2007) inferiu uma salinidade muito baixa com base no achado de algas nos folhelhos betuminosos, considerado como originadas em águas continentais. Outros estudos baseados nas relações  $C^{13}/C^{12}$  e  $O^{18}/O^{16}$  sugerem para a parte inferior do Membro Assistência ambiente de água doce, e para parte superior desse membro sugerem um ambiente de água salgada (GIOVANNI, *et.al.*, 1971 *apud* MEZZALIRA, 1980a).



**Figura 8:** Posição geográfica das bacias epicontinentais, com destaque para a Bacia do Paraná, no intervalo Neocarbonífero-Eotriássico (Milani, 1997). Fonte: Tomassi, 2009.

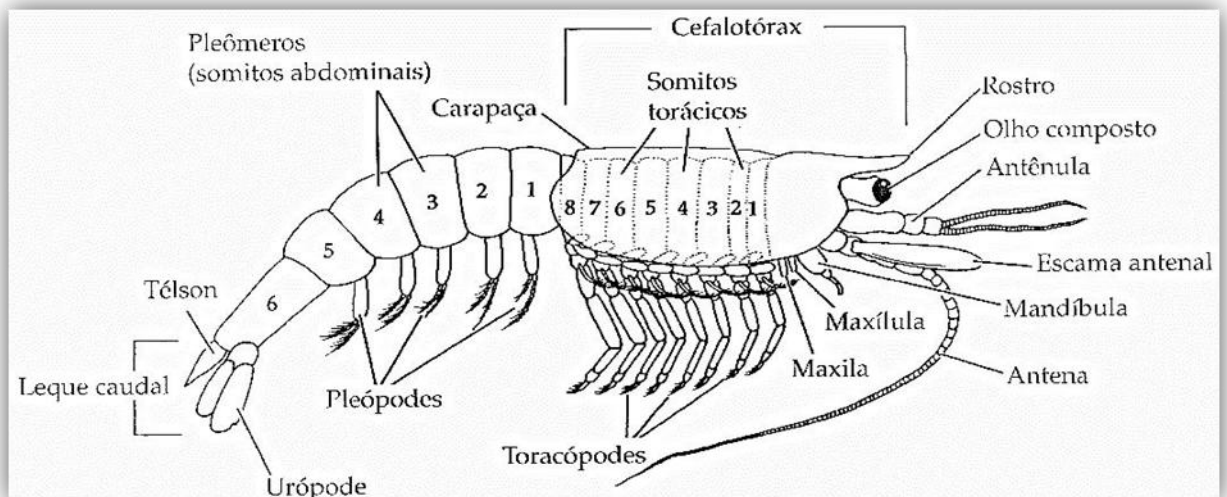
**Tabela 1:** Paleambiente e crustáceos registrados nos membros Assistência e Taquaral.

Membros	Sedimento	Ambiente	Crustaceos
Assistência	folhelhos cinza, nos quais se intercalam folhelhos pretos pirobetuminosos associados a calcários amarelo e cinza, por vezes dolomíticos,	grande lago situado em região plana e tectonicamente estável.	<i>Paulocaris</i>
			<i>Liocaris</i>
			<i>Pygaspis</i>
Taquaral	siltitos e folhelhos cinza claros, com laminação paralela.	marinho de águas calmas, abaixo do nível das ondas.	<i>Clarkecaris</i>

Dessa forma na Formação Irati, crustáceos malacóstracos são fósseis relativamente comuns. No Membro Taquaral ocorre o gênero *Clarkecaris*, endêmico à bacia, descrito primeiramente por Mezzalira (1952) e reestudado por alguns autores como BROOKS, 1962 e PINTO, 1985. No Membro Assistência são conhecidos os gêneros *Paulocaris*, *Liocaris* e *Pygaspis*, descritos inicialmente por Clarke, Beurlen e Mezzalira, revisados principalmente por Pinto (1971).

#### 4. CRUSTACEA

Os crustáceos pertencem ao Filo Arthropoda, Subfilo Mandibulata. Possuem exoesqueleto quitinoso com o corpo constituído por cefalotórax e abdômen, formado por somitos separados ou fusionados (Figura 9). O cefalotórax é a região anterior do corpo composta pelos 5 somitos cefálicos e 8 somitos torácicos recobertos por uma carapaça, que é dividida em regiões que correspondem aos órgãos internos, limitadas por finas reentrâncias denominadas sulcos. A expansão mediana anterior é denominada rostro. A parte posterior do corpo é denominada de abdômen, composto por 6 somitos. No segmento terminal do abdômen encontra-se o télson, um alargamento triangular ou subtriangular posterior (RODRIGUES & PINTO, 2002).



**Figura 9:** Diagrama básico dos eumalacóstracos. Fonte: Martin e Davis, 2007.

Os apêndices são modificações do protopodito e também são importantes para a classificação. Assim como o corpo, os apêndices também são divididos em regiões. Os apêndices cefálicos são as antênulas, antenas, mandíbulas, maxilas, maxílula, e maxilípedes. Os apêndices torácicos são denominados quelípodo e pereiópodo, e dois apêndices abdominais são chamados de pleópodos e urópodos (RODRIGUES & PINTO, 2002).

Subdivide-se os crustáceos em sete subclasses: Branchiopoda, Cephalocarida, Ostracoda, Copepoda, Cirripedia, Nystacorida/Branchiura e Malacostraca. Os crustáceos registrados na Formação Irati pertencem à Subclasse

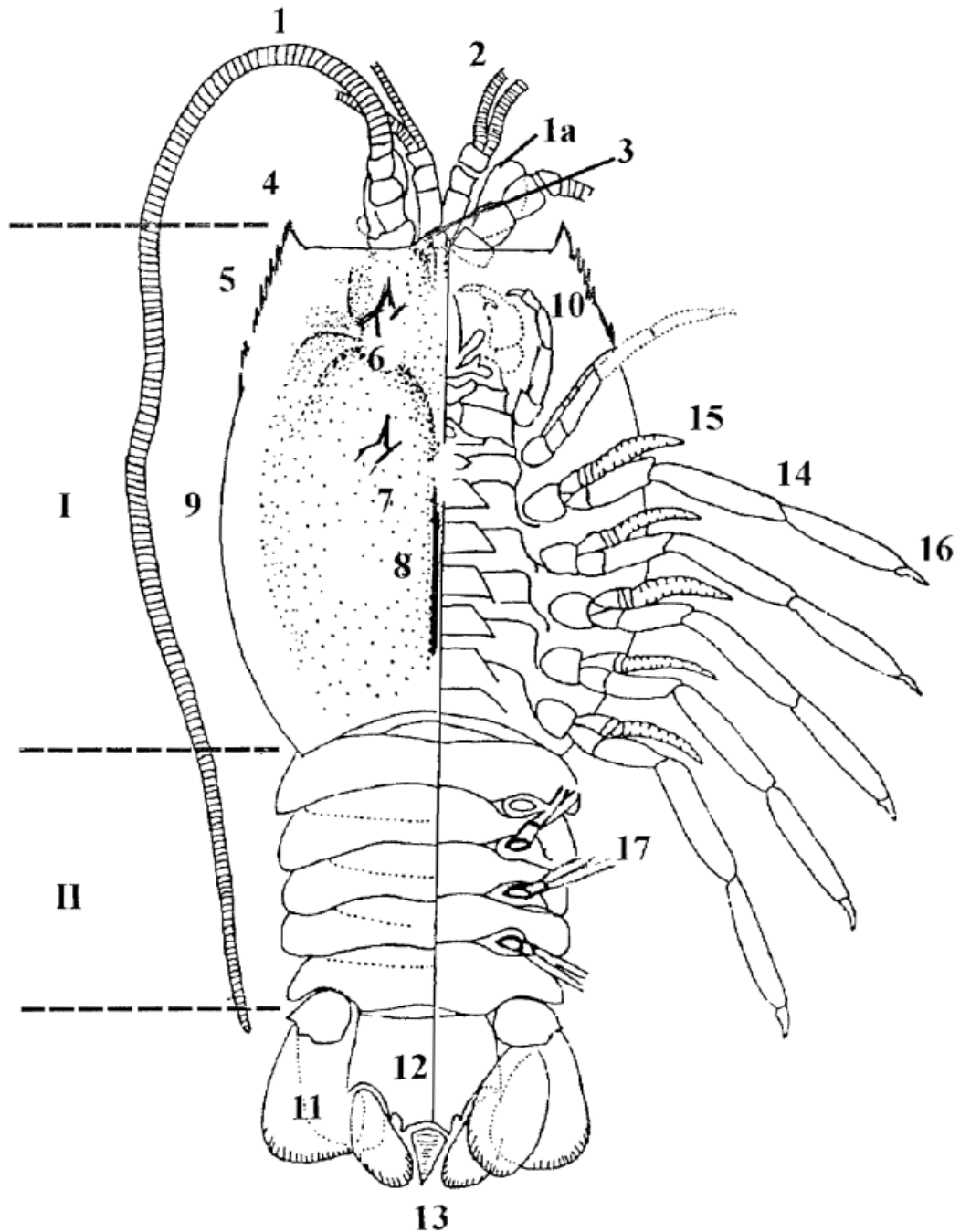
Malacostraca. Essa subclasse compreende o grupo de crustáceos representados pelos camarões, lagostas e caranguejos (CARVALHO *et.al.* 2011).

A Subclasse Malacostraca é o grupo mais característico de crustáceos paleozóicos conhecidos na Formação Irati, e abundantes principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo, muitas vezes associados a restos de mesossaurídeos (NETO, 2005).

#### **4.1. Pygocephalomorpha**

Os crustáceos Pygocephalomorpha (Figura 10) descritos até então correspondem a 11 espécies do Carbonífero Superior na Europa, 3 espécies do Permiano Inferior, sendo uma única espécie norte-americana e 2 chinesas, e 5 espécies do Permiano Médio, da África do Sul e Brasil (RODRIGUES & PINTO, 2002).

Este grupo de crustáceos extintos viveram em ambientes de água salobra e de água doce, com uma distribuição muito ampla que durou quase toda a existência do supercontinente Pangea (PIÑEIRO, 2008).

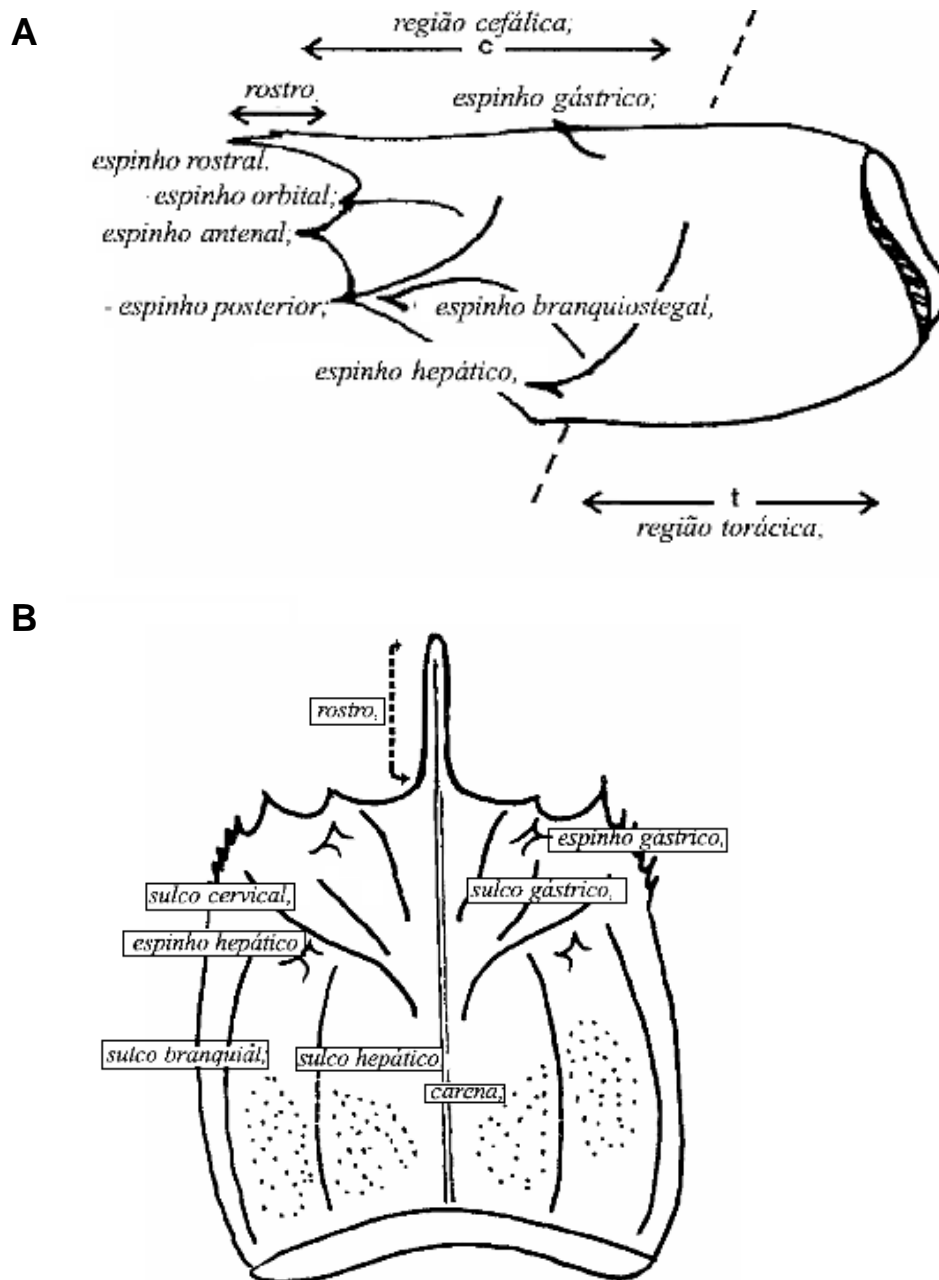


**Figura 10:** Diagrama de Pygocephalomorpha, (Gênero *Pygaspis*)  
 I-Cefalotórax: 1.Antenas; 2.Antênulas; 3.Rostro; 4.Espinho anterolateral; 5.Espinhos laterais; 6.Espinho gástrico; 7.Espinho hepático; 8.Carena; 9.Carapaça; 10.Maxilípode;  
 II-Abdômen: 11.Urópodo; 12.Telson; 13.Espinhos; 14.Pereiópodo; 15.Endopodito; 16.Exopodito; 17 Pleopodo.

Fonte: Rodrigues & Pinto 2002.

Na carapaça podem ser encontrados elementos importantes para a classificação (Figura 11), como a carena, os olhos pedunculados e os espinhos (anterolaterais, frontais, fronto-orbitais, gástricos, hepáticos e antenais),

denominados de acordo com a região onde estão localizados (RODRIGUES & PINTO, 2002).



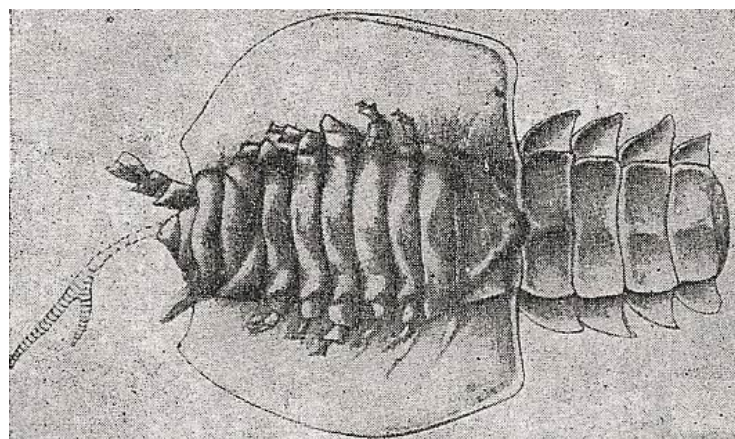
**Figura 11:** Esquema geral da carapaça de Pygocephalomorpha, em vistas: A) Vista lateral ; B) Vista dorsal; Fonte: modificado de Rodrigues & Pinto 2002.

A presença ou ausência de sulcos, carenas e espinhos na carapaça é essencial na separação de famílias, gêneros e espécies, entre os crustáceos vivos (KENSLEY, 1975). Para Pygocephalomorpha, as características observadas na

carapaça, como o tamanho do rosto, o formato da margem anterior, e a presença de espinhos e sulcos também contribuem para determinar o gênero.

Os Pygocephalomorpha descritos para o Brasil correspondem aos gêneros *Paulocaris*, *Pygaspis*, *Liocaris* e *Notocaris* encontrados nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, todos procedentes da Formação Irati, principalmente do Membro Assistência.

O gênero *Paulocaris* foi proposto por Clarke em 1920 (Figura 12). Possui a carapaça achatada, com contorno semicircular e tamanho de 15 a 20 mm, contendo na margem frontal, no centro, um rosto e, lateralmente, dois espinhos. No centro da carapaça aparece uma crista mediana. Mezzalira em 1954, observando uma amostra melhor preservada, completando a descrição de Clarke, descreveu a presença, no tórax, de 6 segmentos lisos, antena, e os segmentos abdominais em número de 5 visíveis com expansões laterais, triangulares. O seu sulco cervical parte da margem anterior, próximo aos espinhos, até próximo ao centro da carapaça, quando então se projeta para trás, em forma pontiaguda, para atingir a crista mediana. Na altura onde o sulco cervical deriva para o centro, bifurca-se para a borda lateral, em alguns exemplares observa-se pequenas ornamentações, do tipo papilar (MEZZALIRA, 1971). É um crustáceo de porte médio. Possui espinhos anterolaterais, margem anterior côncava, rosto de tamanho médio (PINTO, 1971; VIEIRA *et.al.*, 1991).



**Figura 12:** *Paulocaris pachecoi*. Fonte: Pinto, 1971.

O gênero *Pygaspis* (Figura 13) foi proposto por Beurlen 1934, e compreende um crustáceo de grande porte. Não possui espinhos anterolaterais, a margem anterior é reta e o rosto é triangular e curto (PINTO, 1971; VIEIRA *et.al.*, 1991). A forma da carapaça se assemelha a de *Paulocaris*, é achatada e não possui os dois

ferrões. A carapaça cobre os segmentos torácicos, em número de 6 ou 7, o último segmento apresenta uma depressão triangular, com a ponta voltada para os segmentos abdominais (MEZZALIRA, 1971).



**Figura 13:** *Pygaspis brasiliensis*. Fonte: Pinto, 1971.

O gênero *Liocaris* (Figura 14) foi descrito por Beurlen em 1931, e é representado por um crustáceo de porte pequeno, não possuindo espinhos anterolaterais; a margem anterior é reta e o rostro é longo (PINTO, 1971). Duas espécies, *Liocaris huenei* e *Liocaris angusta*, pertencem a esse gênero (MEZZALIRA, 1971). É provável que essas duas espécies constituam uma única, pois a diferença entre elas pode ser resultado dos processos de fossilização (PINTO, 1971)

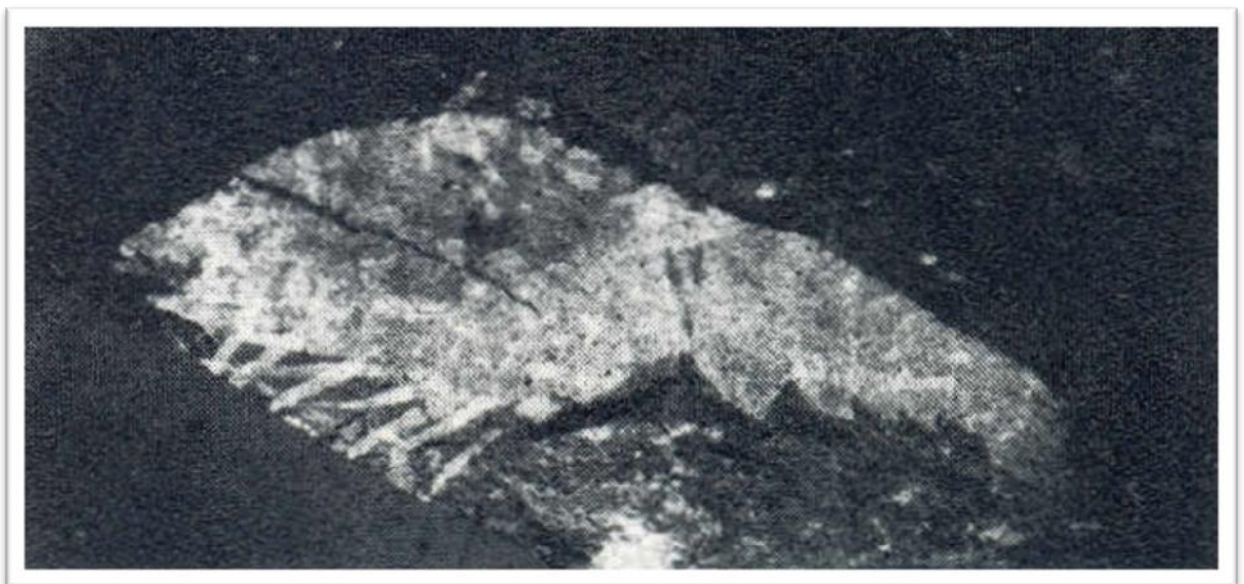


**Figura 14:** Carapaça de *Liocaris angusta* Fonte: Pinto (1971).

Beurlen ( citado por MEZZALIRA, 1971), ao descrever esse novo gênero, aponta várias características comuns ao gênero *Paulocaris*, como: carapaça uniforme sem costura média; rostro triangular entrelaçado com a carapaça; bordo anterior, aproximadamente reto; auréola estreita que se perde ao longo da borda lateral, que é curvada levemente; borda posterior curvada, côncava com

entumescimento; larga cavidade posterior da carapaça, para saída do abdome. As similaridades entre os espécimes do gênero *Liocaris* com *Paulocaris huenei* levou a Mezzalira (1971) à conclusão de que esse gênero e essa espécie pertencem a uma única espécie: *Paulocaris huenei*. Entretanto, segundo Pinto (1971), *Liocaris* distingue-se de *Paulocaris* pela ausência de espinhos laterais e de carena mediana.

O gênero *Notocaris* foi descrito por Broom, em 1931. Faltam a carena média-dorsal e os tubérculos, mas apresenta 1-3 espinhos anterolateral, bem como uma sutura suprabranchial (HOTTON *et. al.*, 2002). A espécie *Notocaris tapscotti* (Figura 15) descrita por Broom tem exoesqueleto fino, carapaça quase circular, aparentemente ligado ao corpo somente na região anterior. Nenhum sinal de uma carena médio-dorsal. O rostro é curto, triangular. A margem anterior da carapaça é ligeiramente côncava. A fraca sutura longitudinal supra branquial, que se estende desde a região da margem anterior à margem posterior, pode ser vista na carapaça de alguns espécimes. A margem posterior da carapaça dorsal é côncava. Abdome composto por cinco segmentos, mais o télson. Pleura de segmentos abdominal apical aguda, ápices direcionados posteriormente. Sete apêndices posterior essencialmente similares, birramosos. Télson triangular, tendo 3 espinhos laterais (KENSLEY, 1975).



**Figura 15:** *Notocaris tapscotti* em vista lateral. Fonte: Kensley 1975.

Segundo Pinto (1971) os gêneros brasileiros *Paulocaris*, *Liocaris* e *Pygaspis* não são sinônimos, devido a diferenças em algumas características (Tabela 2).

Também segundo Pinto (1971), são necessários mais estudos comparativos entre *Pygaspis* e *Notocaris*, pois estes podem ser sinônimos. A comparação entre *Pygaspis brasiliensis* e *Notocaris tapscotti* mostra que existem várias diferenças na carapaça desses animais (HOTTON *et. al.*, 2002 ).

**Tabela 2:** Comparação de *Paulocaris*, *Liocaris* e *Pygaspis*. Fonte: baseado em Pinto (1971).

Gênero	Porte	Espinhos anterolaterais	Margem anterior	Rostro
<i>Paulocaris</i>	Médio	Presente	Côncava	Tamanho médio
<i>Liocaris</i>	Pequeno	Ausente	Reta	Longo
<i>Pygaspis</i>	Grande	Ausente	Reta	Triangular e curto

#### 4.2. *Clarkecaris*

O gênero *Clarkecaris* foi criado por Mezzalira (1952), tem como características, o corpo estreito, alongado, somitos torácicos em número de 8, estreito e pustulosos, 6 somitos abdominais distintamente mais largos e sem pustulação em série, o télson é longo, bifido, com uma expansão lateral de cada lado, achatadas e terminando em ponta. A carapaça não foi descrita pelo autor pois não foi encontrada preservada no primeiro fóssil descrito (MEZZALIRA, 1952). Segundo Brito e Quadros (1978), o gênero, é caracterizado por apresentar sutura vestigial entre a cabeça e o primeiro tergito, sulco anterior do céfalo sigmoidal e os somitos torácicos encurtados, espinhos dorsais pares nos tergitos torácicos, pleura abdominal com espinhos e furca presentes. Ocorre no Permiano Superior da Bacia do Paraná, Membro Taquaral da Formação Irati, nos estados do Paraná e São Paulo. Nesse membro já foram encontrados diversos fósseis, entre eles restos de peixes, e vegetais do gênero *Dadoxylon*, além de palinomorfos (BRITO & QUADROS, 1978). A única espécie descrita, *Clarkecaris brasiliensis* é o gênero-tipo. Foi originalmente classificada por Clarke no Gênero *Gampsonyx* descrito como:

Cabeça ausente, somitos torácicos numerosos parecendo ser pelo menos em número de oito, muito estreito e cintados; membros posteriores com pústula mediana. Abdômen com seis somitos largos, e com expansões triangulares laterais, dirigidas posteriormente, e os situados na última articulação tendo, distintamente, forma de folha. O télson é estreito, com dois pares de estiletos, dos quais os mais afastados são compridos (CLARKE *apud* BRITO & QUADROS, 1978 pag. 419).

*Clarkecaris brazilicus* apresenta como características: corpo estreito, alongado, carapaça e apêndices cefálicos ausentes. Cabeça com uma ligeira expansão triangular, no centro, separando-se do primeiro segmento torácico por um sulco. Os somitos torácicos são mais estreitos que os abdominais, lisos, cintados, possuindo, na porção anterior, duas pústulas maiores, uma em cada extremidade, e entre elas uma série de 18 a 20 outras pústulas menores. No primeiro somito, que se encontra unido à cabeça, só se observam as pústulas maiores. Somitos abdominais largos, com pústulas nas extremidades, ou às vezes situadas no centro do corpo do animal (a localização das pústulas parecem mudar de posição devido ao modo de fossilização). Em alguns exemplares, se observam expansões laterais de forma triangular e dirigidas para trás. Télson longo, afinando-se na ponta, com duas expansões laterais uma de cada lado, achatadas, longas e terminadas em ponta. O télson termina em furca (MEZZALIRA, 1952).

Books (1962, *apud* BRITO & QUADROS, 1978) completou a descrição da espécie *Clarkecaris brazilicus* com base em uma amostra quase completa, existente no *U.S. National Museum*”, procedente de Piracicaba. Mezzalira (1971 citado por BRITO & QUADROS, 1978) comenta o espécime estudado por Brooks e apresenta a descrição dos apêndices cefálicos. Estão bem preservadas as primeiras antenas longas e finas, com seus três segmentos; as segundas antenas bastante largas; o céfalo; os segmentos torácicos e abdominais; e o télson longo, terminado em furca com duas expansões laterais achatadas e terminando em ponta (Figura 16).



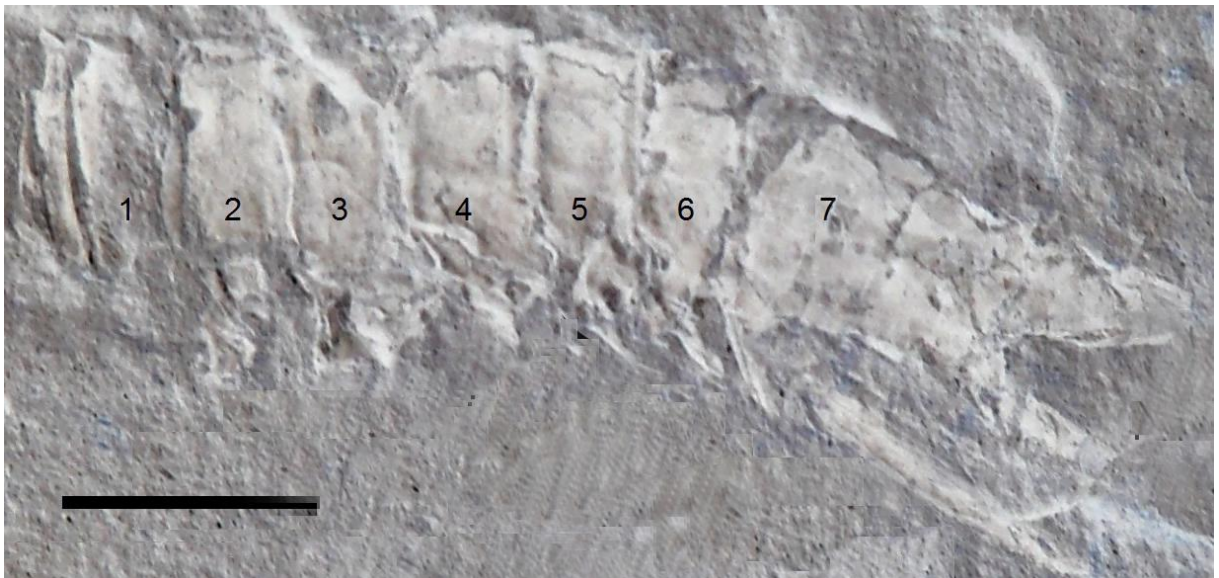
**Figura 16:** *Clarkecaris brazilicus* em vista dorsal. Fonte: Brito & Quadros (1978).

Novos exemplares foram descritos por Mezzalira (1971), para o Estado de São Paulo. Em um exemplar que fossilizou em posição dorsal, Mezzalira observou que as pústulas descritas por Clarke formam um “Y”, sendo duas pústulas centrais, no primeiro tergito torácico, junto à cabeça, que continuam nos demais tergitos torácicos, com exceção dos dois últimos, na parte central, e passando a um nos quatro primeiros segmentos abdominais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

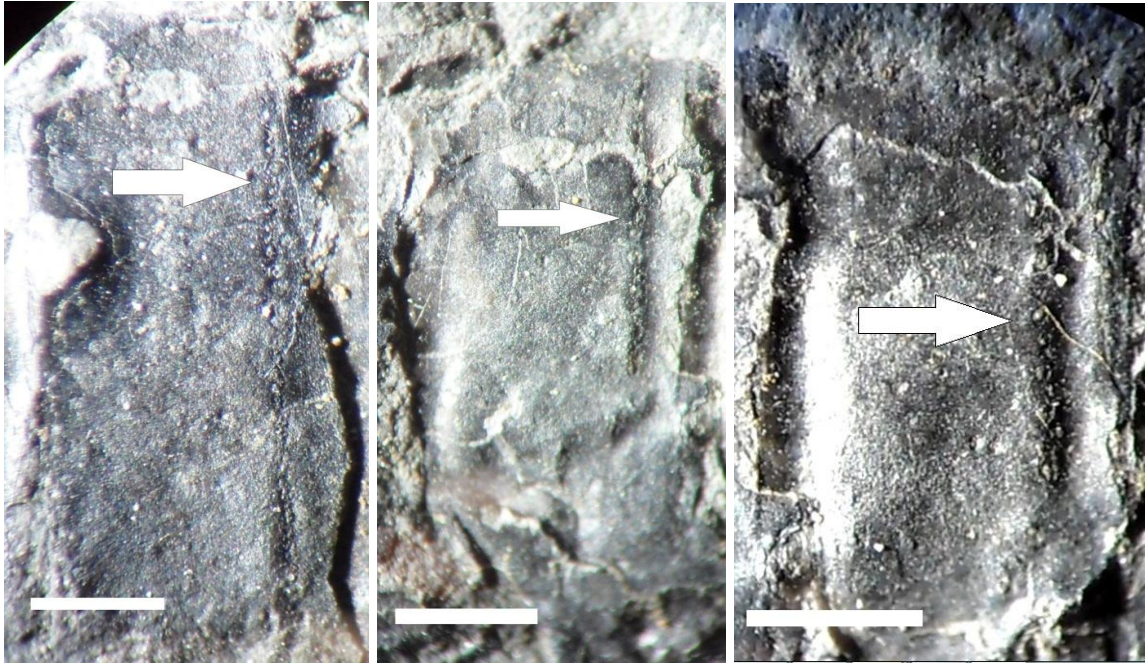
### 5.1. Descrição do fóssil

O espécime (NR 7487) encontra-se preservado lateralmente, tem o corpo estreito e alongado; o cefalotórax, a carapaça e os apêndices estão ausentes. Apresenta-se preservado os sete somitos abdominais (Figura 17) com 2 mm de largura e 4 mm de altura cada um, exceto o sétimo segmento, que possui 5 mm de largura, e três mm de altura.



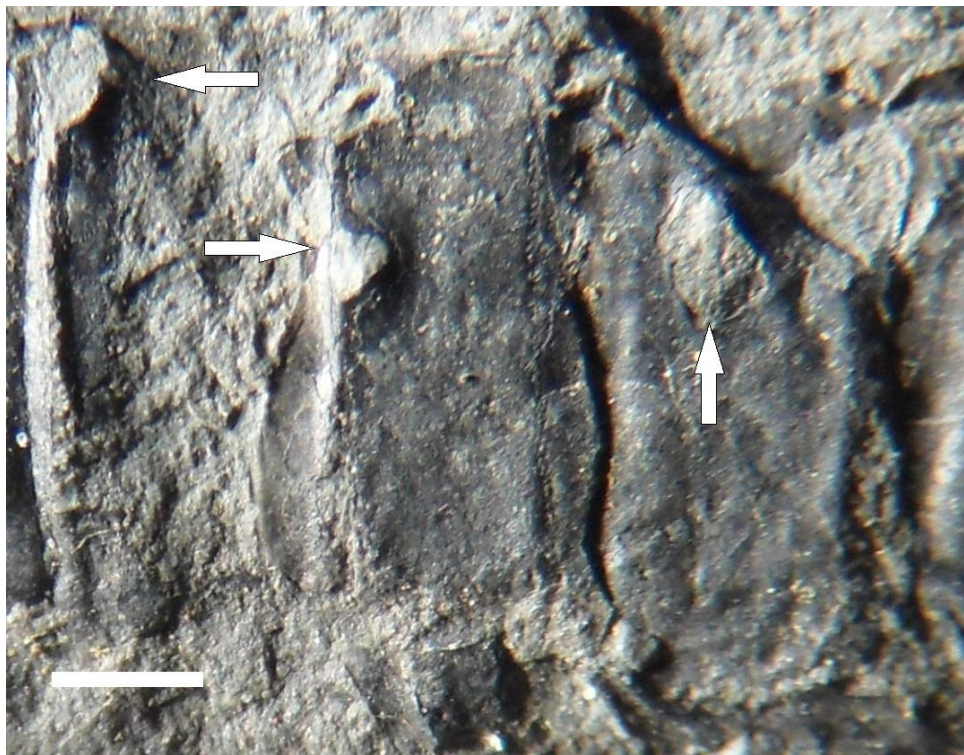
**Figura 17:** Visão geral do fóssil de Crustacea (NR 7487), indicando os sete somitos abdominais, representados pelos números “1” a “7”. Escala: 0,5 cm.

Existem pequenas pústulas seriadas nos somitos 2, 4 e 5 (Figura 18), sendo possível observar 16 pústulas no segundo somito, 10 pústulas no quarto e 13 pústulas no quinto.



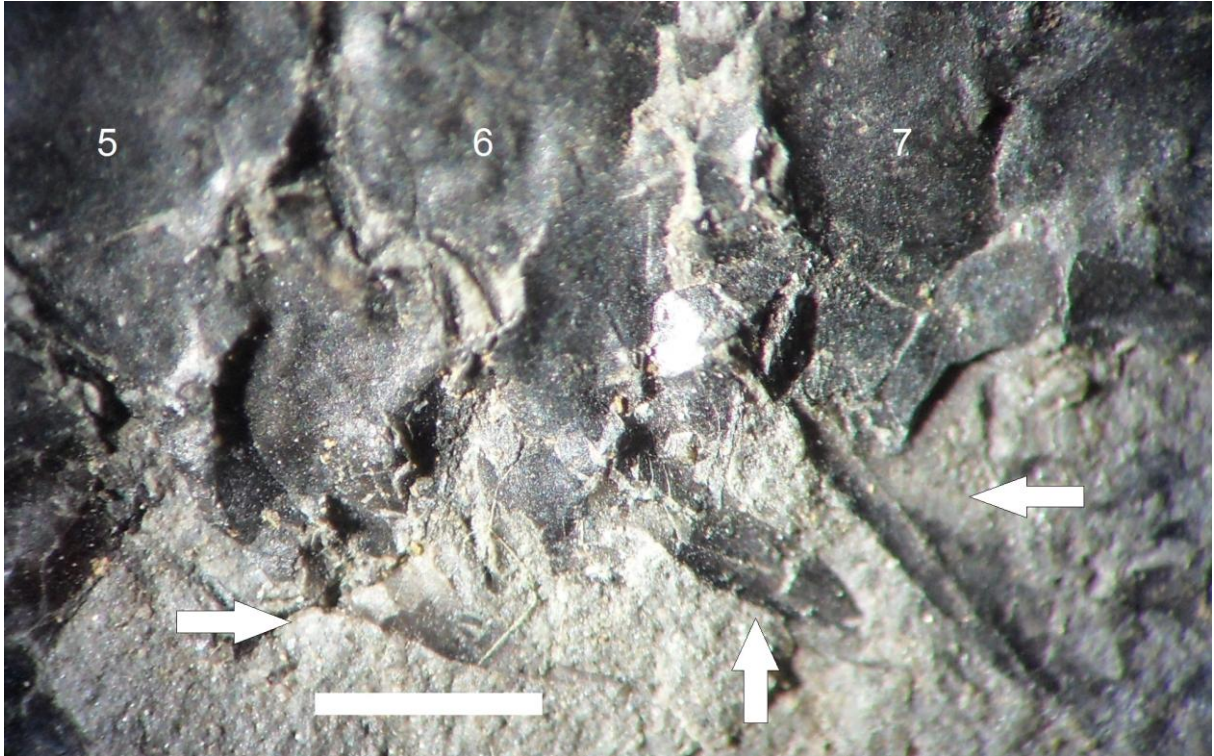
**Figura 18:** Somitos abdominais 2, 4 e 5, evidenciando as pústulas seriadas apontadas pelas setas (NR 7487). Escalas: 1 mm.

Também existem pústulas maiores nos somitos 1, 2 e 3, localizadas na região superior dos somitos, próximas à articulação com o somito anterior nos dois primeiros tergitos e no centro do terceiro segmento (Figura 22).



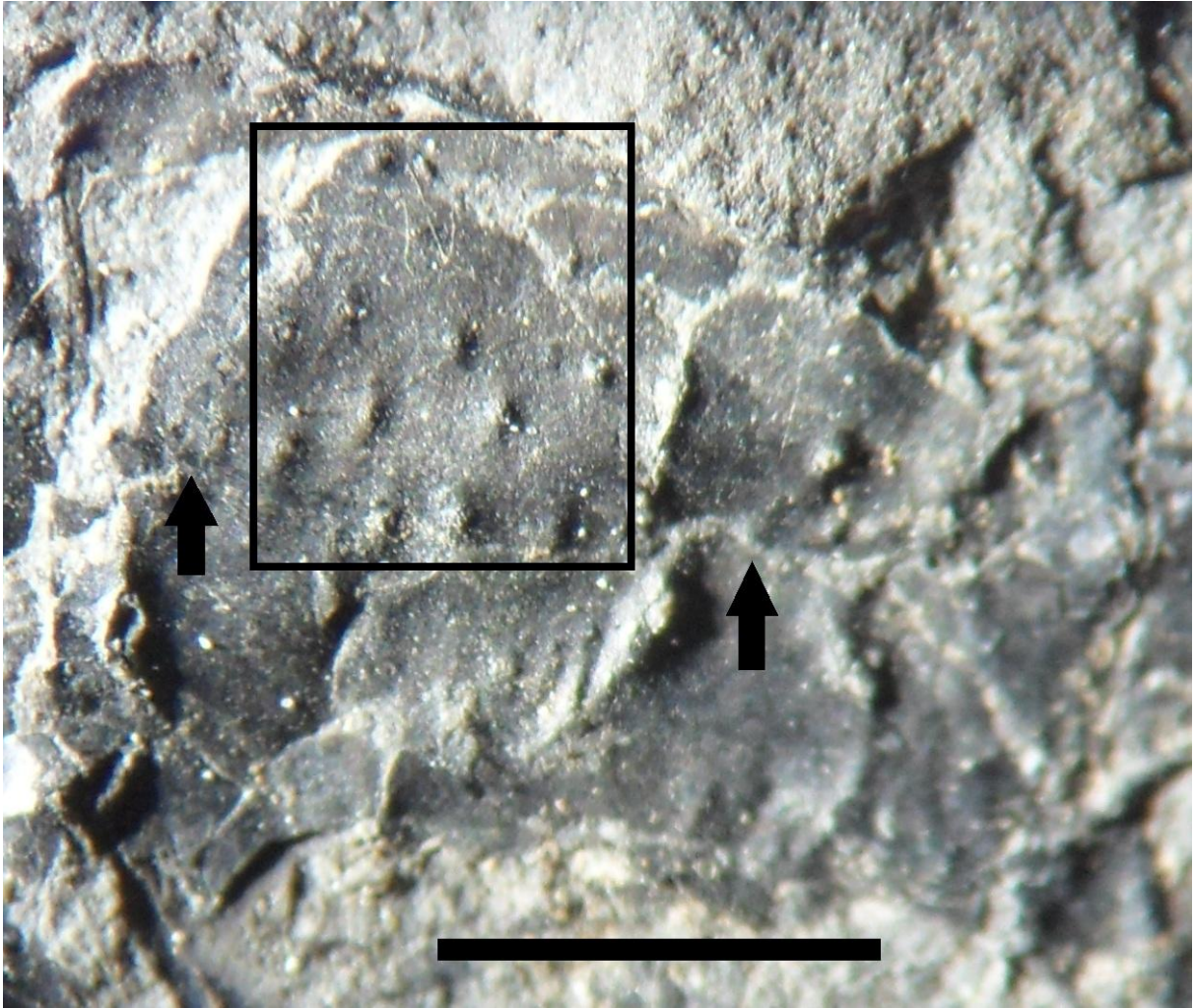
**Figura 19:** Somitos 1, 2 e 3 (esquerda para direita) que possuem pústulas maiores, apontadas pelas setas (NR 7487). Escala: 1 mm.

O exemplar também possui expansões laterais nas pleuras em forma de espinho, voltados para a região posterior, e melhor definidos nos quatro últimos somitos (Figura 23).

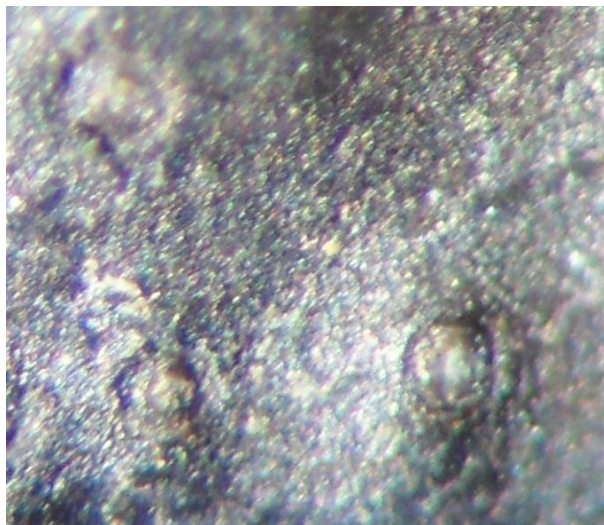


**Figura 20:** Somitos abdominais 5,6,e 7 com expansões laterais nas pleuras em forma de espinho, indicados pelas setas (NR 7487). Escala: 1 mm.

O último somito abdominal, denominado 7, é maior que os restantes, apresentando 5 mm de largura e 3 mm de altura na porção anterior, como dito anteriormente. Este somito se torna mais estreito à medida que se aproxima do télson. Há um sulco transversal dividindo esse segmento em duas porções (Figura 21). Na região anterior, na porção superior, acima do sulco, existem 12 pústulas ilustradas nas figuras 21 e 22. Também existem outras 3 pústulas nesse somito, porém mais dispersas.



**Figura 21:** Sétimo somito abdominal(NR 7487). Setas indicam o início e o final da linha transversal, e o quadrado destaca as pústulas no centro do somito. Escala: 1mm.



**Figura 22:** Detalhe das pústulas do sétimo somito abdominal (NR 7487).

O télson (Figura 23) tem mais de 3 mm de largura, e afina-se em direção à região posterior, terminando em furca. Possui uma expansão lateral, achatada, que está fragmentada.

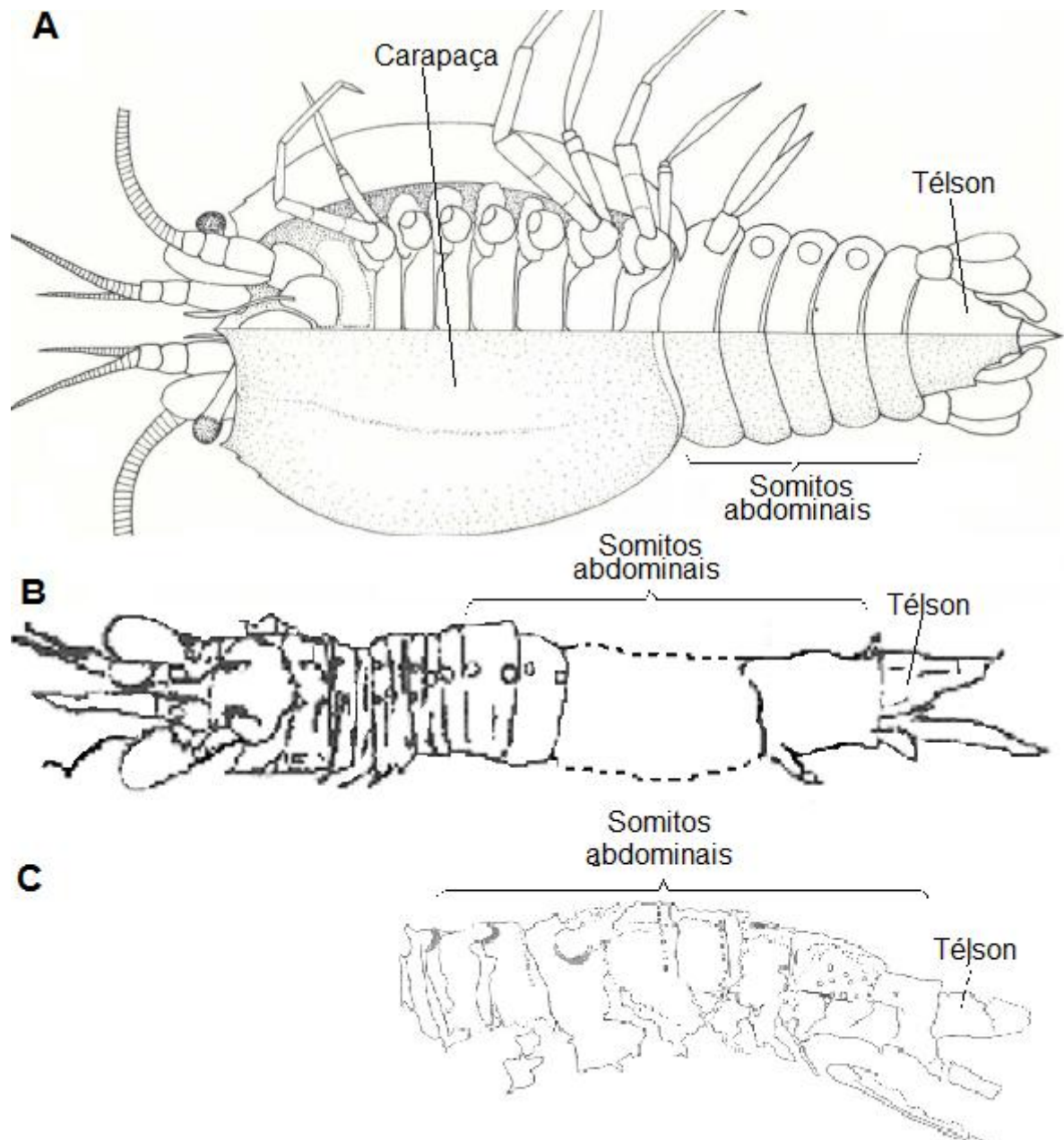


**Figura 23:** (NR 7487) Télson (T) e expansão lateral(EI). Escala: 1mm.

## 5.2. Discussão

Segundo muitos autores, como Pinto (1934), Mezzalira (1952, 1957, 1971, 1980 a;b), Brito & Quadros (1978), entre outros, os crustáceos registrados na Formação Irati pertencem à Ordem Pygocephalomorpha e ao gênero *Clarkecaris*. Pygocephalomorpha apresenta a carapaça recobrendo o cefalotórax. Nela, são observados elementos como o rostro, espinho anterolateral, espinhos laterais, espinho gástrico, espinho hepático e carena, estruturas utilizadas para a

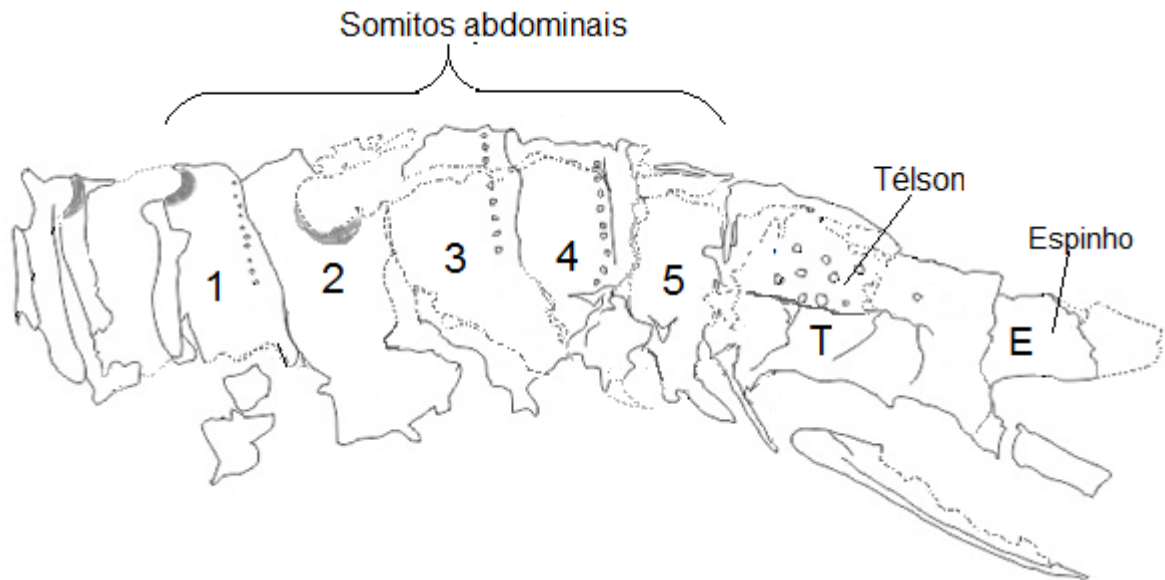
classificação dos gêneros. O tórax apresenta 6 segmentos, e o abdômen apresenta 5(Figura 24, A). O gênero *Clarkecaris* exibe 8 somitos torácicos estreitos e pustulosos, 6 somitos abdominais distintamente mais largos, e télson em furca(Figura 24, B). A amostra analisada neste trabalho apresenta 7 somitos abdominais, pústulas e télson em furca (Figura 24, C).



**Figura 24:** Diagrama de:A) Pygocephalomorpha; B) *Clarkecaris*; C) Amostra estudada; Fontes: Kensley 1975, Brito *et.al.* 2000, figuras "A" e "B" respectivamente.

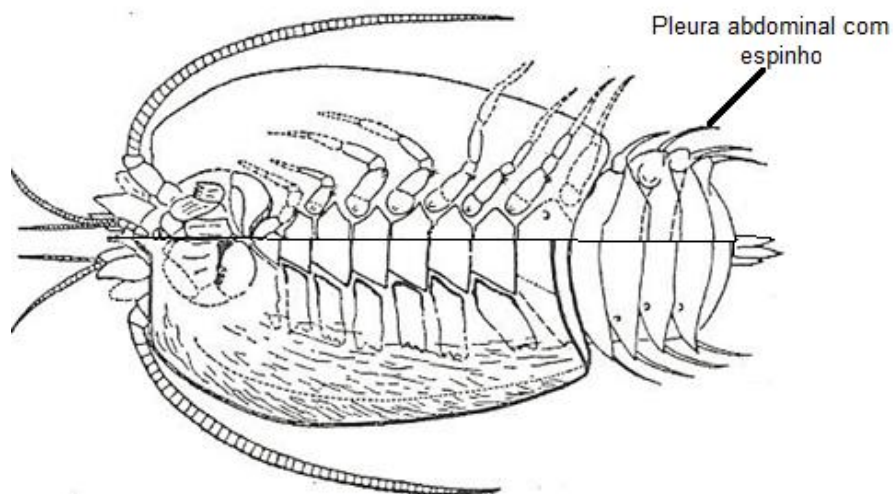
A ausência da carapaça e dos segmentos torácicos na amostra, dificulta uma identificação como sendo pertencente a um Pygocephalomorpha, uma vez que

muitas características diagnósticas deste grupo estão representadas nessa região. No entanto as descrições dos somitos abdominais, télson e espinho de Pygocephalomorpha podem ser aplicadas na identificação da amostra (Figura 25).



**Figura 25:** Diagrama da amostra estudada identificando as estruturas segundo a descrição de Pygocephalomorpha.

Também na amostra estudada, são observadas pleuras que terminam em processos espinhosos, nos segmentos abdominais. Essa estrutura também é descrita por Fabre (1967, citado por PINTO, 1971), em um Pygocephalomorpha, classificando-o como *Pygaspis ginsburgi* (Figura 26). No entanto, Pinto (1971) afirma não ser claro se os espinhos pleurais realmente existem, ou se estes são apenas produto da fossilização.

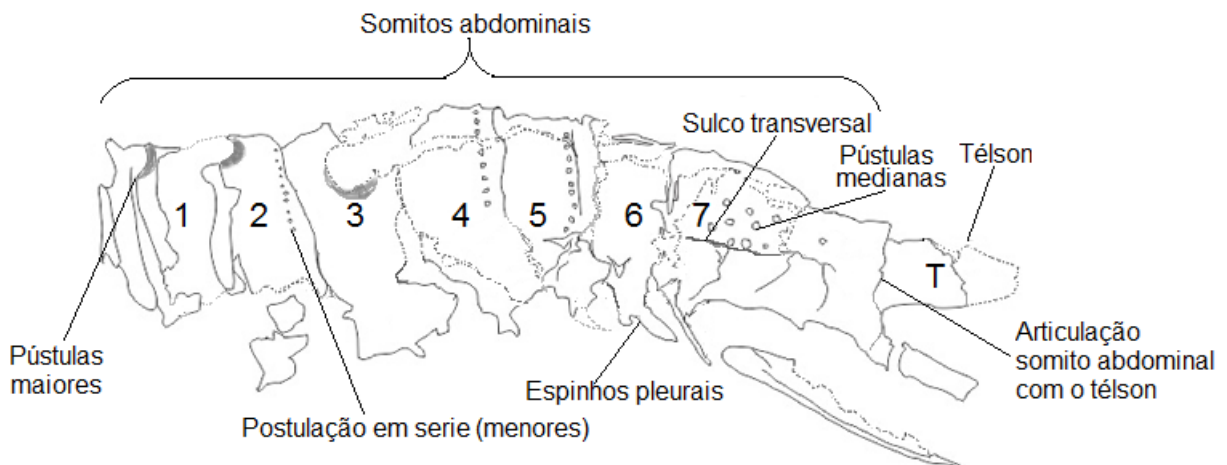


**Figura 26:** *Pygaspis ginsburgi* apresentando espinhos nas pleuras abdominais, descrito por Fabre 1967. Fonte: Pinto 1971.

No entanto, apesar de não ser factível excluir a possibilidade da amostra pertencer a ordem Pygocephalomorpha, as características observadas nos somitos e no télson assemelham-se às descritas para o gênero *Clarkecaris*.

*Clarkecaris* apresenta seis segmentos abdominais, sendo o segmento que se articula com o télson mais largo que os demais. A amostra analisada neste trabalho também apresenta o último segmento abdominal mais largo.

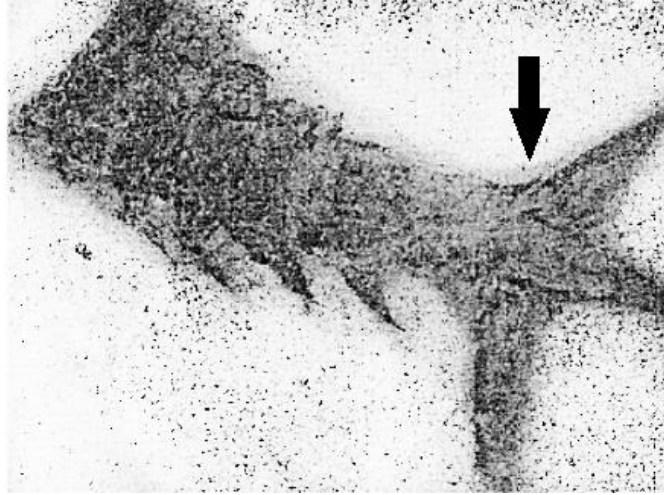
Mezzalira (1971) descreve pústulas nos quatro primeiros segmentos abdominais de *Clarkecaris brazilicus*, e cita que o último somito abdominal possui, por vezes, ligeiras pústulas na porção central. Também são observadas pústulas nos três primeiros somitos abdominais do espécime descrito neste trabalho. Igualmente, há um conjunto de pústulas medianas no último somito abdominal (Figura 27). Somitos abdominais apresentando pleura com espinho é observado na amostra estudada, e também é descrita por Brito e Quadros (1978) no gênero *Clarkecaris*.



**Figura 27:** Ilustrações da amostra, indicando as estruturas que se assemelham ao gênero *Clarkecaris*.

A existência de sete somitos abdominais no crustáceo estudado, um somito a mais do que descrito em *Clarkecaris*, não exclui a possibilidade de o exemplar pertencer a esse gênero. Esse somito pode ser resultado de uma alteração individual, genética/embrionária, ou pode ainda corresponder a um segmento torácico. Não foi classificado como somito torácico devido à ausência de somitos anteriores, impossibilitando sua comparação. Esse somito apresenta-se fragmentado, e possui a mesma largura dos somitos abdominais, e por esses motivos foi considerado também um somito abdominal.

Ainda no exemplar estudado, existe uma expansão lateral achatada e longa junto ao télson, formando a furca, que é característica do gênero *Clarkecaris* (Figura 28).



**Figura 28:** Télson de *Clarkecaris brazilicus* mostrando a furca. Fonte: Mezzalira (1971).

Mezzalira (1952) caracteriza o gênero *Clarkecaris* e sua única espécie apresentando somitos abdominais sem pustulação em série. No entanto, o espécime aqui descrito apresenta uma série de pequenas pústulas paralelas à articulação posterior do somito (Figura 27). Dessa forma, considerando apenas esse caracter, o exemplar pode não pertencer a *Clarkecaris brazilicus*.

Além da semelhança de características da amostra com o gênero *Clarkecaris*, também próximo à localização do afloramento de onde foi coletada a amostra aqui estudada, os autores Brito e Quadros (1978) descreveram um fóssil de *Clarkecaris brazilicus*, encontrado a aproximadamente 1 Km a norte da cidade de Irati no Paraná. O espécime descrito por Brito e Quadros (1978), foi a primeira ocorrência do gênero fora do estado de São Paulo.

A identificação precisa da amostra pode contribuir na bioestratigrafia da Formação Irati, conforme citado por Mezzalira (1980b), que identifica os crustáceos como um grupo importante para o estudo bioestratigráfico da formação. Para este autor, *Clarkecaris* é considerado fóssil-guia para o Membro Taquaral. Também ocorre bioestratificação no Membro Assistência, sendo encontrados na porção basal o gênero *Pygaspis*, seguido de *Liocaris*, e *Paulocaris* na porção superior. Dessa forma, a identificação da amostra como *Clarkecaris*, associada à litologia do afloramento do qual o mesmo procede, poderia corroborar a idéia de que o mesmo é

apenas encontrado no Membro Taquaral ou revelar que esse gênero não é restrito a este membro, no Estado do Paraná.

Assim como a identificação do crustáceo pode contribuir na bioestratigrafia, também pode auxiliar na determinação do paleoambiente da Formação. Os crustáceos *Paulocaris*, *Liocaris* e *Pygaspis*, ocorrentes na Formação Irati, viviam em ambientes de água salobra e de água doce (PIÑERO, 2008). A presença de *Clarkecaris brazilicus*, juntamente com outros organismos dulcícolas, pode auxiliar na determinação do paleoambiente, uma vez que segundo Mezzalira (1980a) este gênero indicaria ambiente de água doce ou, pelo menos, proximidade com a costa, segundo Beurlen (1931 citado por MEZZALIRA, 1952).

## 6. DISCUSSÃO FINAL E CONCLUSÕES

Dessa forma, a Formação Irati apresenta variações regionais estratigráficas e de assembléia fossilífera, registrando fósseis característicos de água doce a água salobra, e continentais, o que possibilita diversas interpretações paleoambientais. Os crustáceos descritos na Formação Irati pertencem a cinco gêneros, sendo eles, *Pygaspis*, *Liocaris*, *Notocaris*, *Paulocaris* (todos pertencentes à Ordem Pygocephalomorpha), e ao gênero *Clarkecaris*.

A amostra descrita neste trabalho, apresenta sete somitos abdominais, pústulas e télson em furca, características que assemelham-se àquelas descritas para o gênero *Clarkecaris*. No entanto, não é factível excluir a possibilidade da amostra pertencer a um Pygocephalomorpha, uma vez que muitas características diagnósticas dessa ordem estão representadas na carapaça, que não está preservada na amostra, dificultando uma identificação mais precisa.

Contudo, apesar de exibir características semelhantes ao descrito no gênero *Clarkecaris*, é necessária a comparação com outros exemplares desse gênero presentes em outras coleções científicas, para confirmação de que as estruturas apresentadas pela amostra são homólogas àquelas descritas para o gênero *Clarkecaris*. Dessa forma, a confirmação (ou não) de que a amostra pertence ao gênero *Clarkecaris* torna possível novos estudos para determinar se trata-se de uma nova espécie, uma vez que não são relatadas pústulas seriadas na única espécie do gênero, *C. brazilicus*.

Como citado anteriormente, os crustáceos tem grande importância estratigráfica para a Formação Irati, uma vez que o gênero *Clarkecaris* é apontado como fóssil-guia para o Membro Taquaral, principalmente no Estado de São Paulo, e os gêneros *Pygaspis*, seguido de *Liocaris*, e *Paulocaris* são encontrados nessa ordem, da base para o topo no Membro Assistência.

Diversas hipóteses são levantadas quanto ao paleoambiente da Formação Irati. Alguns autores acreditam que correspondia a um extenso mar epicontinental, enquanto outros autores acreditam representar um grande lago em comunicação com o mar, Dessa forma a presença de *Clarkecaris brazilicus*, juntamente com outros organismos dulcícolas, indicaria ambiente de água doce ou, pelo menos, proximidade com a costa auxiliando na determinação do paleoambiente. Os

demais crustáceos, *Paulocaris*, *Liocaris* e *Pygaspis* viveram em ambientes de água salobra e de água doce, prestando menor contribuição para determinar o paleoambiente.. Dessa forma novos achados paleontológicos podem auxiliar nos estudos estratigráficos e paleoambientais.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- BRITO, I. M., & QUADROS, L. P., Ocorrência Inédita de *Clarkecaris brazilicus* (Crustácea – Malacostraca) no Permiano do Estado do Paraná. **Anais da academia Brasileira de Ciências**, 1978, 50(3):417-421.
- CARVALHO, I. S., VICALVI, M.A., CARVALHO, M.G.P. , Artropodes. In: CARVALHO, I. S., **Paleontologia Microfósseis e Paleoinvertebrados**, V. 2, 3ª ED., 2011,p.371-407
- CHAHUD, A. & PETRI, S. Chondrichthyes no Membro Taquaral, base da Formação Irati, no centro leste do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista de Geologia**, 2008, 21(2), 169-179.
- CHAHUD,A. & PETRI S. Novos Xenacanthidae (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da base do Membro Taquaral, Formação Irati, Permiano de Bacia do Paraná. **Revista do Instituto Geológico**, 2009, 30 (1/2): 19- 24.
- GUIMARÃES, E. M & ANJOS, C. W. D. &., Metamorfismo de contato nas rochas da Formação Irati (Permiano), norte da Bacia do Paraná, **Revista Brasileira de Geociências**, 2008, 38(4): 629-641.
- HOTTON, N.S., FELDMANN, R. M., HOOK, R. W., DIMICHELE, W. A. Crustacean-Bearing continental deposits in the Petrolia Formation (Leonardian Series, Lower Permian) of North-Central Texas, **J. Paleont...**, 2002, 76(3): 486.
- KENSLEY B., Taxonomic Status of the Pygocephalomorphic Crustácea from The Dwyka 'White Band' (Permo-Carboniferous) of South Africa, **Annals of the South African Museum**,1975, 67(3), p. 25-33
- LAGES L. C., **A Formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná) no furo de sondagem Fp-01-Pr (Sapopema, Pr)**. Dissertação (Mestrado em Geociências)- em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- MARTIN, J. W. & DAVIS, G. D., *Filo Artrópoda: Os Crustácea*. In: BRUSCA, G. J.& BRUSCA, R. C., **Invertebrados**, 2nd ed. Guanabara Koogan S.A. 2007,p.535-612.
- MENDES J. C., Artrópodes, in Introdução a Paleontologia,2ª ed., Centro de Publicações Técnicas da Aliança – USAID, São Paulo, 1965, p.200-223.
- MENDES J. C., Sobre os paleoambientes deposicionais do Grupo Passa Dois **Revista do Instituto Geológico**, 1984, 5(1/2):15-24.
- MERLOTTI S., Reavaliação taxonômica de lenhos das formações Irati e Serra Alta, Permiano da Bacia do Paraná , Brasil, **Pesquisas em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS**, 2009, 36 (1): 11-21.

MEZZALIRA, S. *Clarkecaris*. Novo Gênero de Crustáceos Syncarida do Permiano. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. 1952, 1(1): 46-52.

MEZZALIRA, S., Ocorrências fossilíferas novas da série Passa Dois na região Limeira – Rio Claro, Piracicaba., **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. 1957, 6(2): 36-42.

MEZZALIRA, S., Contribuição ao Conhecimento da Geologia de Sub-Superfície e da Paleontologia da Formação Irati, no Estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 1971, 43(Suplemento):243-336.

MEZZALIRA S., Bioestratigrafia do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo, **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 1980 A, 1(1):15-34.

MEZZALIRA S., A Paleontologia no Estado de São Paulo: Sua evolução e seus problemas, **Revista do Instituto Geológico**, 1980 B, 1(2):49-54.

MILANI E. J. & RAMOS V. A., Orogenias Paleozoicas no domínio Sul-Occidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná, **Revista Brasileira de Geociências**, 1998, 28(4):473-484.

MILANI E.J., MELO J.H.G., SOUZA P.A., FERNANDES L.A., FRANÇA A.B. Bacia do Paraná., **Boletim de Geociências, PETROBRAS**, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p.265-287, 2007.

NETO R. G. M., Estágio atual da Paleoartropodologia Brasileira: Hexápodes, Miriápodes, Crustáceos (Isopoda, Decapoda, Eucrustacea e Copepoda) e Quelicerados, **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, 2005, 63(3), p.471-494.

PETROBRAS, 2011, <http://www.petrobras.com.br/minisite/refinarias/petrosix>, visitado em 04/03/2012.

PIÑERO, G., Los Mesosaurios y otros fósiles de fines del Paleozoico In: Perea, D. **Fósiles de Uruguay**, 2008,p.179-203.

PIÑERO, G. **Artropodes**. Principales grupos representados en el registro fósil de Uruguay, material de aula em pdf, 2011.

PINTO, I. D., Reconstituição de *Pygaspis Beurlen*, 1934 (Crustácea – Pygocephalomorpha). Sua Posição Sistemática, seu Significado e de Outros Fósseis para Gondwana. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 1971, 43 (Suplemento): 387-401.

PRETTO F. A., **Análise osteológico-dentária de *Stereosternum Tumidum Cope 1886*, aminiota primitivo da Formação Irati, Permiano do Brasil**. Dissertação (Bacharel em Ciências Biológicas, Ênfase Ambiental) Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

PROVENCIO M., **Caracterização dos fósseis da Formação Irati, Neopermiano (Kazaniano) da América do Sul.**, Trabalho de Graduação (Monografia, Bacharel em Ciências Biológicas) - área de concentração em Meio Ambiente do Curso de Ciências Biológicas do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

RICARDI-BRANCO F., CAIRES E.T., SILVA A. M., Levantamento de ocorrências fósseis nas pedreiras de calcário do Subgrupo Irati no estado de São Paulo, Brasil, **Revista Brasileira de Geociências**, 2008, 38(1): 78-86.

RICARDI-BRANCO F., CAIRES, E. T., SILVA, A. M., Campo de Estromatólitos Gigantes de Santa Rosa de Viterbo, SP Excelente registro do litoral do mar permiano Irati, Bacia do Paraná, Brasil. **Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília, 2009. v. 2. 515 p.

RODRIGUES K.A. & PINTO I.D. Os Crustáceos, Ordem Pygocephalomorpha. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.). **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2002. p.141-147.

ROSTIROLLA, S. P., ASSINE M. L., FERNANDES L. A., ARTUR P.C., Reativação de paleolineamentos durante a evolução da Bacia do Paraná - O exemplo do Alto Estrutural de Quatiguá, **Revista Brasileira de Geociências**, 2000,30(4):639-648.

SEDDOR F.A. & SILVA R.C. Primeiro registro de pegadas de Mesosauridae (Amniota, Sauropsida) na Formação Irati (Permiano Superior da Bacia do Paraná) do estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 2004, 7(2):269-274.

SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais do...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974. v.1, p. 41-65.

SILVA A. J. P., LOPES R. DA C., VASCONCELOS A. M., BAHIA R. B. C., Bacias Sedimentares Paleozoicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: Bizzi L. A., Schobbenhaus, C., Vidotti R. M., Gonçalves J. H., **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**, Brasília, 2003. p.55-83.

TOMASSI, H.Z., **Taxonomia, tafonomia e paleoecologia de ostracodes (Crustácea) da Formação Corumbataí, Permiano da Bacia do Paraná, Estado de Goiás, Brasil.** Dissertação (Mestre) Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, 2009.

VIEIRA P. C., MEZZALIRA S., FERREIRA F.J.F. Mesossaurídeo (*Stereosternum tumidum*) e crustáceo (*Liocaris huenei*) no membro Irati(p) nos municípios de Jataí e Montevidéu, estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, 1991, 21(3):224-235.