



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Licenciatura em Cartografia e Pesquisa Geológica

**ANATOMIA, TAXONOMIA E ANÁLISE FILOGENÉTICA DE UM NOVO
DICYNODONTOIDES NOWACKI DO GRABEN DE METANGULA (PROVÍNCIA
DE NIASSA)**

Autora:

Nelma Miguel Chambule

Maputo, Março de 2024



FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
Licenciatura em Cartografia e Pesquisa Geológica
Projecto Científico

ANATOMIA, TAXONOMIA E ANÁLISE FILOGENÉTICA DE UM NOVO
DICYNODONTOIDES NOWACKI DO GRABEN DE METANGULA (PROVÍNCIA
DE NIASSA)

Autora: Nelma Miguel Chambule

Supervisor: Prof. Dr. João Mugabe (UEM)

Co-Supervisores: Prof. Dr. Ricardo Araújo (Instituto de Plasma e Fusão Nuclear,
Instituto Superior Técnico)

MSc. Zanildo Augusto Macungo (Museu Nacional de Geologia)

Maputo, Março de 2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, pela proteção, pois consegui fazer com que os meus objectivos no meio de tanta luta e obstáculos que surgiram durante esses anos de estudos fossem alcançados.

Em segundo lugar, agradeço a toda minha família pelo incentivo, pelo suporte pela paciência e pelo apoio que me deram durante esta caminhada estudantil, agradeço aos meus pais Miguel Chambule e Hagira Bovane que fizeram de tudo para que nunca me faltasse nada que pudesse perturbar a minha formação, o meu muito obrigado. É um especial agradecimento aos meus irmãos Aylton, Acácio, Milena e aos meus Padrinhos, pois sempre me deram força e motivação para estudar. Agradeço também as minhas queridas avós Helena Tovela e Celeste Lisboa (em memória).

Agradeço também a igreja Metodista de Moçambique em especial ao Pastor Sang e aos meus irmãos pela ajuda, pela força e motivação que davam durante a minha caminhada estudantil.

Agradeço a toda equipa da Universidade Eduardo Mondlane, especialmente à cada membro do Corpo Docente do Departamento de Geologia da Universidade Eduardo Mondlane pelo acompanhamento e transmissão de conhecimentos durante o Curso.

Agradeço ao Museu Nacional de Geologia e o Laboratório Nacional de Paleontologia (Projecto PaleoMoz) pela disponibilização dos dados, sem isso não seria possível realizar-se este trabalho.

Agradeço imensamente aos meus supervisores, Professor Doutor João Mugabe, Doutor Ricardo Araújo e doutor Zanildo Macungo, pela disponibilidade, motivação, suporte, paciência. Agradeço por partilharem o vosso conhecimento e sabedoria que reside dentro de vós e por partilharem a vossa experiência comigo.

Aos meus amigos e colegas, Marcia Bunga, dra. Massingue, dra. Murane, dr. Cucheque, dr. Cunanihua, Dudu, Olímpio, Almeida, Omar, companheiros do Laboratório Nacional de Paleontologia Estha, Edilene, Jericy, Jennifer, Azda e Arrone pela companhia, distrações, pelas frases motivadoras e apoio profundo durante esses anos de convivência. O meu muito kanimambo a todos.

DEDICATÓRIA

Dedico o presente projecto científico primeiramente a mim pelo esforço e persistência, dedico aos meus pais e aos meus irmãos que estiveram sempre na torcida e me dando força para que eu conseguisse alcançar os meus objectivos.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Nelma Miguel Chambule, declaro por minha honra que este Projecto Científico é da minha autoria e não foi submetida, nem mesmo apresentada em nenhuma outra instituição de ensino para a obtenção de qualquer que seja o grau académico.

Assinatura

(Nelma Miguel Chambule)

RESUMO

O presente trabalho estuda um crânio completo colhido no graben de Metangula na Formação K6a2 durante a expedição de campo realizada no ano 2019 pelo projecto PaleoMoz. Para a obtenção dos resultados do espécime PPM2019-106R, foi necessário submeter o espécime a técnicas de preparação mecânica e química com vista a remoção da matriz hematítica (rocha sedimentar dura com uma cor avermelhada) que envolvia o espécime e para a exposição completa do osso. Posteriormente procedeu-se à caracterização anatómica usando o método de comparação com outros táxones descritos nas diferentes bacias do Karoo; seguida da determinação taxonómica; e no final a análise filogenética. As características anatómicas e taxonómicas indicam que o espécime PPM2019-106R é um *Dicynodontoides*, com base na presença de pós-orbitais ligeiramente inclinados ventrolateralmente, sobrepondo-se aos parietais; superfície palatina da pré-maxila com uma depressão em forma de sulco com uma extremidade anterior arredondada; placa ventral média relativamente larga do vómer, forame pineal alongado e bem desenvolvido. O espécime PPM2019-106R assemelha-se a espécie *Dicynodontoides nowacki* pois, para além das características diagnósticas, nota-se que ambos tem uma forma de crânio semelhante; bossas nasais que formam uma proeminência em V; possuem parietais expostos como crista elevada ao longo da linha mediana do crânio; Portanto, é um conjunto de características que reúnem condições para que o espécime PPM2019-106R seja identificado como um novo *Dicynodontoides nowacki* moçambicano descoberto no graben de Metangula, na província de Niassa.

LISTA DE ABREVIATURAS

CT-scan- Tomografia computadorizada

et al - E outros

Fig- Figura

Ksa- Formação Monte Lilonga

KSb- Formação de Fúbuè

KSc- Formação de Mecondece

KSd- Formação de Tende

KSd- Formação Matchedje

Kse- Formação de Lipirichi

SGK- Supergrupo do Karoo

M.a - Milhões de anos

NE - Nordeste

NW - Noroeste

PPM2019- Projecto PaleoMoz expedição de 2019

W- Oeste

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Mapa de Localização geográfica do graben de Metangula	5
Figura 2. Mapa geológico do graben de Metangula	7
Figura 4. Unidades Estruturais do graben do Metangula adaptado.	10
Figura 5. Ilustração do espécime PPM2019-106R antes da retoma da preparação mecânica.	12
Figura 6. A-Ilustra o compressor de ar	13
Figura 7. Substâncias que formam a cola	14
Figura 8. Material usado para preparação química.....	15
Figura 9. Preparação da solução de ácido acético 5%.....	15
Figura 10. Espécime PPM2019-106R, Vista dorsal,	17
Figura 11. Espécime PPM2019-106R, Vista ventral.....	24
Figura 12. Espécime PPM2019-106R, Vista lateral direito	34
Figura 13. Espécime PPM2019-106R, Vista lateral esquerdo.	35
Figura 14. Região occipital.....	40
Figura 15. Vista dorsal o espécime PPM2019-106R.....	46
Figura 16. Comparação do espécime PPM2019-106R.....	47
Figura 17. Resultado da análise filogenética do espécime PPM2019-106R.	53

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Descrição litológica das formações do Karoo Superior no Graben de Metangula.....	9
---	---

LISTA DE ANEXOS

Anexos 1. Árvore filogenética completa	59
Anexos 2. Preparação mecânica em Vista dorsal do espécime PPM2019-106-R.....	60
Anexos 3. Vista ventral do PPM2019-106R, durante e depois a preparação	60
Anexos 4. Ilustração do espécime PPM2019-106R	61
Anexos 5. Dicynodontoides espécime NHCC LB117 sul-africano.	62

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
DEDICATÓRIA.....	II
DECLARAÇÃO DE HONRA	III
RESUMO	IV
LISTA DE ABREVIATURAS.....	V
LISTA DE FIGURA.....	VI
LISTA DE TABELA.....	VI
LISTA DE ANEXOS	VI
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Relevância do trabalho científico	4
1.4. Localização geográfica da área de Estudo.....	4
1.5. Geologia de graben de Metangula.....	5
1.5.1. Karoo inferior	6
1.5.2. Karoo médio	6
1.5.3. Karoo Superior	8
1.6. Estrutura e Tectónica.....	9
CAPÍTULO II: MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1. Materiais	11
2.2. Metodologia.....	11
2.2.1. Pesquisa bibliográfica.....	11
2.2.2. Preparação mecânica	12
2.2.3. Preparação química.....	14
2.2.4. Tomografia micro-computadorizada	16
2.2.5. Trabalho de gabinete	16
CAPÍTULO III: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	17
3.1. Descrição anatómica.....	17
3.1.1. Ossos do tecto do crânio.....	18

3.1.2. Ossos do palato.....	24
3.1.3. Ossos da arcada zigomática.....	36
3.1.4. Ossos da região occipital	40
3.2. Discussão Taxonómica.....	44
3.2.1. O PPM2019-106R entre os outros dicynodontes	45
3.2.2. Identificação taxonómica.....	48
3.3 Análise filogenética	49
3.3.1. Discussão da posição filogenética do PPM2919 106 R	51
CAPÍTULO IV: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	53
4.1. Conclusão	53
4.2. Recomendações	53
Referências Bibliográficas.....	54

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Introdução

Os dicinodontes representam um grupo avançado de sinapsídeos herbívoros, não-mamalianos caracterizados por apresentar um par de fenestra temporal e especialmente por possuir duas presas caninas. Eles existiram desde o Pérmico médio até o Triássico superior (Dutra, 2015). Os restos de mandíbulas, crânios e pós-cranianos destes animais têm contribuído muito para a reconstrução da fauna do Pérmico no mundo.

A diversidade paleontológica do graben de Metangula (província de Niassa) tem sido mencionada desde 1940. Desde essa época, foram realizados diversos trabalhos de campo que resultaram na descoberta e descrição de crânios e mandíbulas de dicinodontes. Destes estudos, resultaram publicações de Antunes em 1975 descrevendo o *Endothiodon*, o género que foi depois amplamente estudado no que concerne a descrição do padrão de substituição de dentes nas mandíbulas de *Endothiodon bathystoma* (Latimer et al., 1995); ontogenia dos *Endothiodon* moçambicanos (Zunguza, 2019); a mastigação do *Endothiodon* (Loide, 2018); coexistência de *E. tolani* e *E. bathystoma* (Macungo et al., 2020); e a histologia do *Endothiodon* (Amaral, 2020).

No entanto, com a contínua exploração do graben de Metangula, foram recentemente descobertos mais táxones incluindo espécies do Pérmico e Triássico, nomeadamente, *Niassodon mfumukasi* (Castanhinha et al., 2013), *Lystrosaurus* (Araújo et al., 2020), *Dicynodon angielczyki* (Cumbane, 2021), *Daptocephalus* (Muzazaila, 2021; Murane, 2023), e *Oudenodon bainii* (Siteo, 2023).

O presente trabalho científico pretende contribuir para a expansão do conhecimento da taxonomia do graben de Metangula, mediante a descrição de um novo género, o *Dicynodontoides* espécime PPM2019-106R. Tal como os outros espécimes já estudados nesta bacia, o PPM2019-106R foi primeiramente submetido à preparação mecânica e química, seguida pela descrição anatómica comparativa, tendo como base os outros dicinodontes das bacias contemporâneas do Karoo. De forma a certificar a identidade deste espécime, fez-se a análise filogenética incluindo o PPM2019-106R, que resultou na sua afiliação taxonómica como um kingorídeo. Foram igualmente explorados vários caracteres que permitiram classificar o espécime PPM2019-106R como um *Dicynodontoides nowacki*.

Para o graben de Metangula, a presença do *Dicynodontoides nowacki*, na Formação K6a2 permite fazer correlação desta formação com a bacia principal do Karoo. Por outro lado, esta ocorrência permite correlacionar a Formação K6a2 com a bacia de Ruhuhu na Tanzânia onde ocorre o *Dicynodontoides nowacki*.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

- Descrever a anatomia, identificar a taxonomia e fazer análise filogenética de novo *Dicynodontoides nowacki* PPM2019-106R de graben de Metangula.

1.2.2. Específicos

- Fazer preparação do espécime PPM2019-106R;
- Fazer a descrição anatómica e identificação taxonómica do PPM2019-106R;
- Codificar o espécime PPM2019-106R e actualizar a matriz filogenética;
- Discutir a posição filogenética do espécime PPM2019-106R.

1.3. Relevância do trabalho científico

O graben de Metangula possui um grande potencial fossilífero, e a sua exploração paleontológica tem sido levada a cabo pelo Museu Nacional de Geologia e Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa desde 2009. Desde então, foram feitos estudos que resultaram em várias descobertas de dicinodontes como *Niassodon*, *Endothiodon*, *Dicynodon*, *Daptocephalus* (Castanhinha et al., 2013; Macungo et al., 2020; Cumbane, 2021; Muzazaila, 2021; Murane, 2023 e Siteo 2023), e estes fósseis por apresentarem uma ampla distribuição paleogeográfica, têm sido usados para estabelecer a correlação biostratigráfica entre as bacias do Karoo.

Dando continuidade aos estudos dos vertebrados, o presente projecto científico visa descrever um crânio completo colhido na Formação K6a2, que representa um novo género para o graben. Pretende-se desta forma fazer a identificação anatómica, determinação taxonómica e análise filogenética deste novo género.

O espécime PPM2019-106R representa um novo registo de *Dicynodontoides nowacki* em Moçambique, assim sendo este novo registo é de extrema relevância para a ciência, pelo que poderá incrementar maior certeza nas correlações biostratigráficas na bacia de Metangula.

1.4. Localização geográfica da área de Estudo

O graben de Metangula encontra-se localizado na parte Noroeste da Província de Niassa, concretamente no distrito de Lago (Verniers et al., 1989). Este limita-se geograficamente a Norte com a Tanzânia, a Sul com o distrito de Lichinga, a Este com o distrito de Sanga e a Oeste com o Lago Niassa, fazendo fronteira com a República do Malawi.

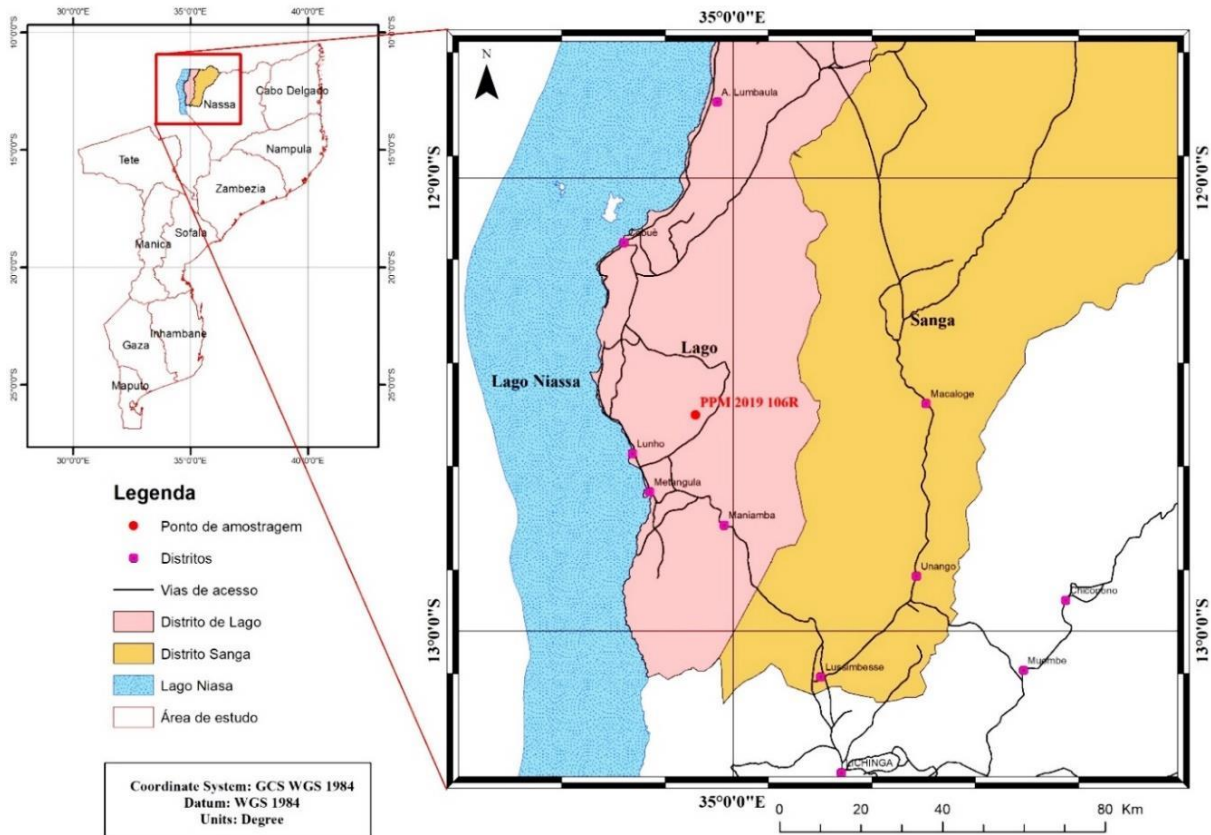


Figura 1. Mapa de Localização geográfica do graben de Metangula

Fonte: Autora, 2023.

1.5. Geologia de graben de Metangula

O graben de Metangula é constituído por rochas sedimentares do Karoo, cercadas por rochas ígneas pré-cambrianas. Com base nas diferenças litológicas distintas desta bacia, a geologia do graben de Metangula encontra-se dividido em três grupos principais associados com os diferentes tipos de sedimentos: **Karoo inferior:** que compreende o grupo de Ecça representado por três Formações (K4, K3 e K2); **Karoo médio:** representado por Grupo Beaufort que é representado por duas Formações (K5 e K6) e **Karoo superior:** representado por Formações de Monte Lilonga e Fúbuè, Formação Mecondece, Formação de Tende e Formação de Lipirichi (Verniers et al., 1989).

1.5.1. Karoo inferior

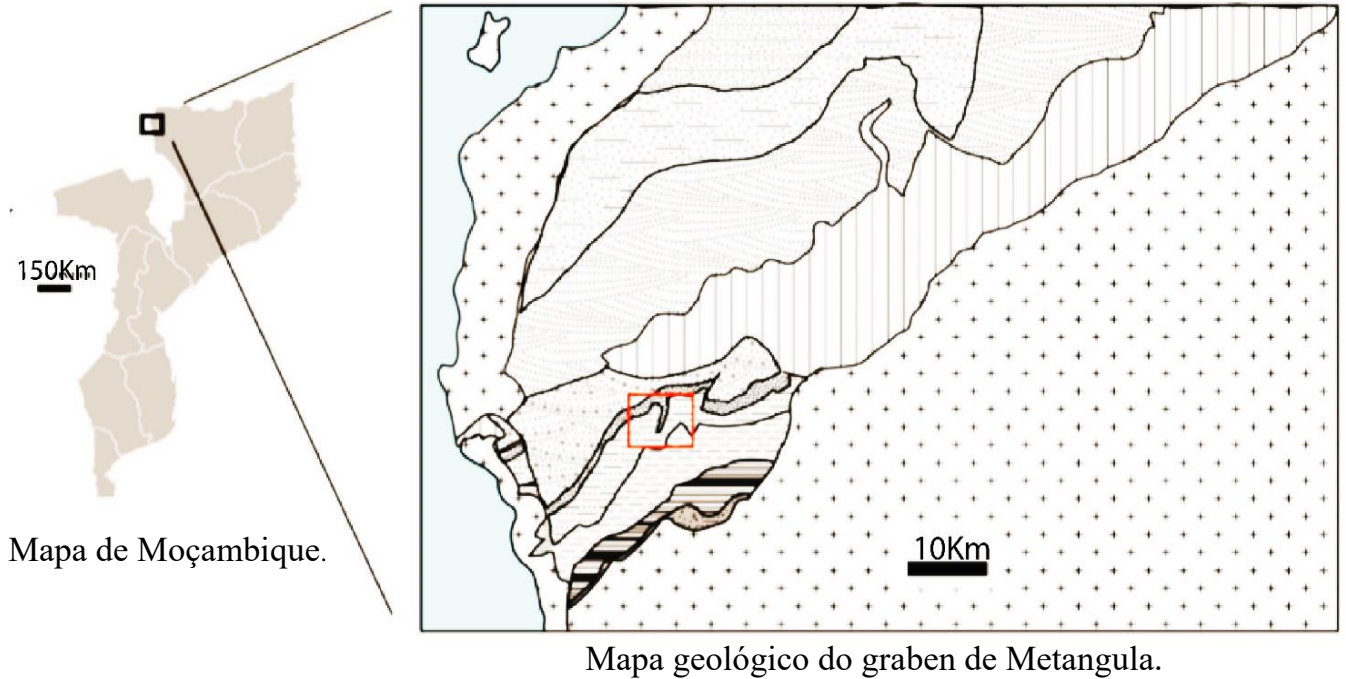
Formação K2- É composta de arenitos finos a médios, siltitos, argilitos e algumas lentes de carvão na sua parte superior.

Formação K3- Composta de arenitos brancos e cinza-esverdeados claros, siltitos vermelhos e cinzentos e argilitos na parte superior, e na parte inferior há presença de sequências fluviais cíclicas com arenito relativamente mais fino do que o arenito (Verniers et al., 1989).

Formação K4- Encontra-se dividida em dois membros K4a e K4b e é constituída por siltitos, argilitos e arenitos siltosos cinza-esverdeado com níveis de carvão. As espécies *Glossopteris ampla*, *Glossopteris indica* e *Glossopteris brownianas* encontradas na parte inferior indicam a idade Ecca (Verniers et al., 1989), e também existem nesta formação troncos fósseis do género *Agataxylon*.

1.5.2. Karoo médio

Formação K5- Esta formação encontra-se dividida em três membros a saber: K5a, K5b e K5c. O membro K5a contém siltitos maciços cinza-escuros e cinza-avermelhados com intercalações menores de arenito de granulometria fina (Araújo et al., 2020). O membro K5b consiste em siltitos arenosos mais grossos com intervalos mais arenosos que exibem estrutura laminar cruzada ondulada. Próximo a base há vários horizontes de nódulos calcários, alguns dos quais se observou a ocorrência de ossos de terapsídeos (Araújo et al., 2020). O membro K5c é composto por silito de granulometria fina de uma cor cinzenta avermelhada e argilito (Verniers et al., 1989). Este é o membro com mais fósseis de vertebrados bem conhecidos em termos de publicações, que inclui *Endothiodon*, o *Niassodon mfumukasi*; *Dicynodon angielczyki*; *Oudenodon bainii*, (Verniers et al., 1989; Latimer, 1995; Castanhinha et al., 2013; Araújo et al., 2020; Cumbane, 2021; e Siteo, 2023).



Coluna cronoestratigráfica

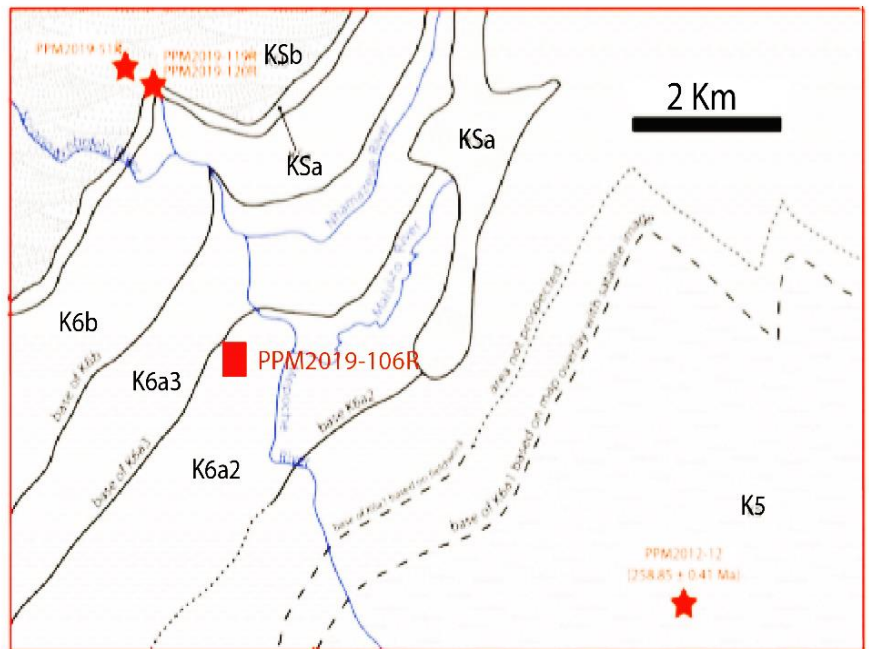
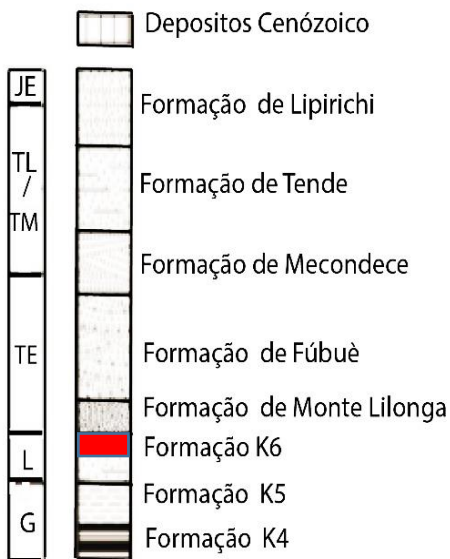


Figura 2. Mapa geológico do graben de Metangula

Fonte: Adaptado de (Araújo et al., 2020).

Formação K6

Esta formação encontra-se dividida em dois membros: K6a (K6a1, K6a2, K6a3) e K6b.

K6a1- Corresponde a base desta formação é composta principalmente de siltitos, argilas acinzentados de granulometria fina com calcilitite avermelhado. Neste membro há indicações de existência de impressões de folhas de *Glossopteris* e ossos de terapsídeos em direcção ao topo do membro, como o género *Daptocephalus* (Muzazaila, 2021 e Murane, 2023).

K6a2- É constituído por siltitos vermelhos com alguns conglomerados de silito. O membro contém poucas impressões de *Glossopteris* e vários crânios de dicinodontes como *Daptocephalus* (Araújo et al., 2020 e Murane, 2023). De referir que o espécime PPM2019-106R foi colhido nesta formação.

K6a3- Consiste em um arenito fino com ondulações em uma espessura de 5 m e é sobreposto por arenito de granulação muito fina calcificada com estratificação cruzada. Em termos de conteúdo fossilífero contém fragmentos de troncos silicificados e alguns fragmentos de ossos escuros (Araújo et al., 2020).

K6b- Corresponde o todo desta formação compreende um arenito de granulação fina com 4 m de espessura, com laminação horizontal e indo para cima com estratificação cruzada côncava coberta por estratificação cruzada ondulada (Araújo et al., 2020). É composto também de siltitos de granulometria fina de cor cinzenta ou cinzenta avermelhada, com uma sedimentação compacta (Verniers et al., 1989). São encontrados neste membro tronco fóssil silicificados fragmentados (Araújo et al., 2020).

1.5.3. Karoo Superior

O Karoo Superior encontra-se dividido em 5 formações: Formação do Monte Lilonga (KSa), Formação de Fúbuè (KSb), Formação de Mecondece (KSc), Formação de Tende (KSd) e Formação Lipirichi (KSe) (Verniers et al., 1989).

Tabela 1. Descrição litológica das formações do Karoo Superior no graben de Metangula

Formação	Descrição
Lipirichi(KSe)	Constituído por sequências cíclicas fluviais; Arenitos com cimento cálcitico; Arenitos de granulometria fina a média. A espessura da formação é estimada em 1500m.
Formação de Tende(KSd)	Composta por uma sequência fluvial cíclica siltosa fina a argila-siltosa com grés. A espessura da formação é estimada entre 800 a 1500m.
Matchedje(KSd?)	Composta por Siltes e arenitos de granulometria fina; Próximo ao contato do precâmbrico do Monte Matchedge.
Mecondece(KSC)	Sequência cíclica fluvial, formada predominantemente por arenitos de granulometria média a grossa.
Moola(KSc?)	Arenitos constituem aproximadamente 70% e são de coloração amarelada. A espessura é estimada em 500 a 1000m.
Congresso(KSc?)	Consiste de siltitos com arenitos de grão fino. Espessura maior de 20m.
Fúbuè(KSb)	Sequências cíclicas fluviais não presentes e padrão de sedimentação indicando deposição no sistema anastomosado e braided river.
Do Monte Lilonga(KSa)	Composta por grés e silte em uma sequência fluvial cíclica. E na flora, fósseis de <i>Rhexoxylon</i> e <i>Agataoxylon</i> (Verniers et al., 1989).

Fonte: Autora, 2023

1.6. Estrutura e Tectónica

Este graben apresenta uma estrutura de um graben completo delimitado por falhas (limítrofes, falhas paralelas e outras normais) que separam os terrenos precâmbrios dos sedimentos do Karoo. A bacia de Metangula se desenvolveu em regime distensivo em consequência das falhas normais e subverticais (Afonso, 1986 citado em Paulino 2010).

O graben de Metangula tem a direcção de alongamento NE-SW com a direcção dos alinhamentos, na mesma direcção do Cinturão de Moçambique, leva a supor que a bacia do Karoo se instalou num rifte embrionário pré-Karoo devido ao reajustamento de estruturas pré-câmbricas. As formações sedimentares distribuem-se desde o Pérmico inferior ao Jurássico inferior, e na sua parte sul, concretamente nas Formações K2 a K4 encontram-se camadas de carvão.

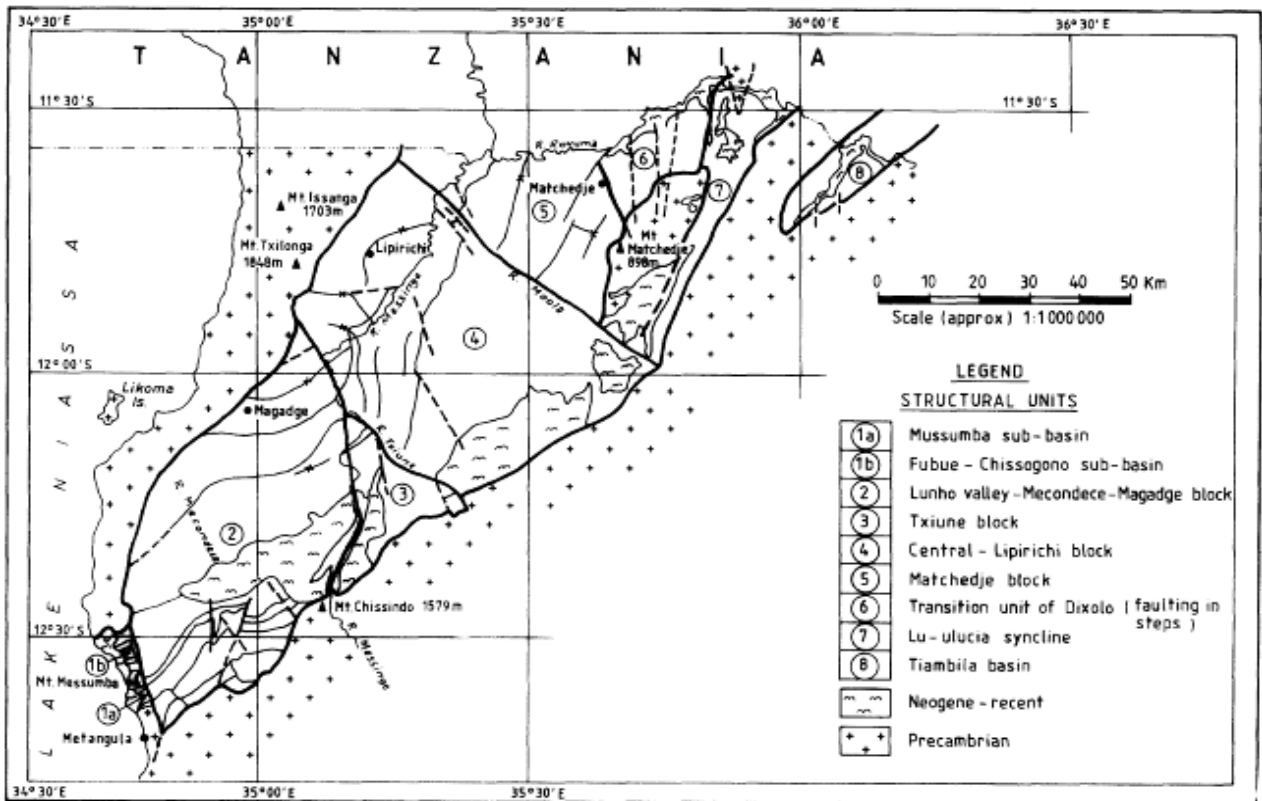


Figura 3. Unidades Estruturais do Graben de Metangula adaptado.

Fonte: adaptado de (Verniers et al., 1989).

CAPÍTULO II: MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

- **Espécime:** PPM2019-106R (Crânio completo);
- **Proteção individual:** bata, luvas, capacete, óculos de proteção e máscara;
- **Câmara fotográfica:** Canon EOS 4000D, usada para tirar fotografias da amostra antes, durante e depois da preparação;
- **Acondicionamento do fóssil:** Papel higiênico;
- **Limpeza:** Para a limpeza do espécime foi usada água, pincel e pistola de ar;
- **Preparação mecânica:** PaleoAro ME9100 (usado para remoção da matriz), paralóide B72 (usado para consolidação e colagem do fóssil), acetona (usada para dissolver o paralóide).
- **Preparação química:** alguidar, ácido acético e fórmico, água oxigenada;
- **Diversos:** Escala, régua, esponja, mesa e lupa.

2.2. Metodologia

A elaboração deste trabalho foi feita seguindo a seguinte sequência: pesquisa bibliográfica, preparação mecânica, preparação química e trabalho de gabinete.

2.2.1. Pesquisa bibliográfica

Para a realização deste trabalho foi necessário fazer primeiramente a pesquisa bibliográfica que se restringiu a pesquisa, leitura de vários artigos, teses de licenciatura na área de paleontologia e livros fornecidos pelo Museu Nacional de Geologia.

A pesquisa bibliográfica foi baseada nos trabalhos científicos e nos artigos publicados feitos na área da paleontologia de vertebrados. Para a geologia do graben de Metangula, foram usados artigos como Verniers et al., (1989); Araújo et al., (2009); Araújo et al., (2020). E para se fazer descrição das características anatómicas bem como chegar a identificação taxonómica e a filogenia foram usados os artigos como Cox (1959); Kammerer e Angielczyk (2009); Kammerer et al., (2011); Castanhinha et al., (2013) e Macungo et al., (2020) entre outros.

2.2.2. Preparação mecânica

A preparação mecânica funciona com base em ar comprimido que é canalizado aos instrumentos de preparação designados de micro-martelos pneumáticos, nomeadamente o PaleoAro, Chicago Pneumatics ME9100 e Micro-jack 5. Com estes instrumentos, remove-se cautelosamente a rocha que envolve o fóssil, tentando ao máximo evitar tocar no osso.

Do compressor aos micro-martelos - O ar usado na preparação é gerado e armazenado num compressor de ar cujo enchimento depende da energia elétrica. O compressor de ar do laboratório de Paleontologia possui cerca de 250L e nele estão ligadas 10 saídas de ar para os micro-martelos e a pistola de ar. Nota que passado algum tempo de funcionamento do compressor, o ar comprimido que inclui vapor de água (estado gasoso) transforma-se em estado líquido (água) que precisa de ser drenada através de uma válvula localizada na zona inferior do compressor.

Os micro-martelos possuem um regulador da pressão necessária para o trabalho de preparação dependendo do tipo de matriz que se pretende remover. Feita a ligação e regulação da pressão, o passo que segue é o início da preparação, que consiste em encostar o micro-martelo pneumático na matriz para que possa ser removida. O instrumento deve ser controlado para que não toque no osso durante a preparação. É sempre aconselhável iniciar a preparação na zona com muita matriz e bem distante do osso, e gradualmente se aproximar de perto do osso de modo a evitar quebrar o espécime.



Figura 4. Ilustração do espécime PPM2019-106R antes da retoma da preparação mecânica e mostrando o tipo de matriz dura e avermelhada que envolve o crânio.

Fonte: Autora, 2023



Figura 5. A-Ilustra o compressor de ar que permite o funcionamento dos micromartelos, B- Chicago Pneumatics ME9100 1, 2 e o PaleoTools MicroJack-5 3. C-luvas, D-capacete, E-pistola de ar, F-paleoaro, G-pincel, H-mascara, I-ilustra o processo de preparação mecânica.

Fonte: Autora, 2023.

Para remover a matriz envolvente do fóssil foi usada uma agulha percursora mais grossa (Fig.5 B-1) porque a matriz era muito resistente, sendo que numa primeira fase, a agulha percursora fina (Fig. B-2) era difícil de usar, tendo de se fazer muito esforço para remover a matriz mesmo usando o regulador do ar comprimido ao máximo. O MicroJack-5 é aconselhável usar em casos de estar próximo de osso, mas para o espécime PPM2019-106R não foi possível usar.

Importa salientar que é inevitável quebrar ou fracturar o espécime durante a preparação, pelo que foi necessário colar os fragmentos que iam se fracturando no espécime PPM2019-106R usando a cola (paralóide B-72) (Fig.6).

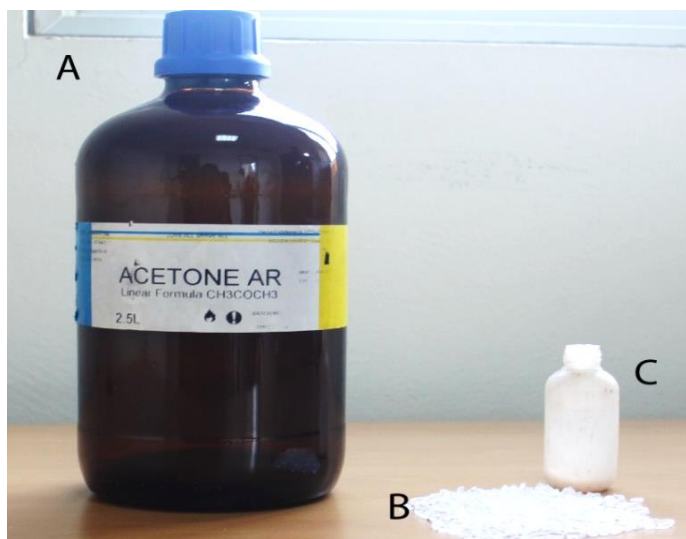


Figura 6. Mostra as substâncias que formam a cola: **A**-acetona, **B**-paralóide B-72 e **C**-cola

Fonte: Autora, 2023

2.2.3. Preparação química

O método químico consiste na remoção da matriz que envolve o fóssil usando uma mistura com o ácido fórmico ou acético, a sua aplicação é idealmente posterior ao uso do paleoAro, onde este instrumento já não é eficiente e sob risco de criar fracturamento nos ossos. Porém, foi dada pausa a preparação mecânica devido a fragilidade dos ossos do crânio, optou-se na preparação química que consistiu na mistura do ácido fórmico e água.

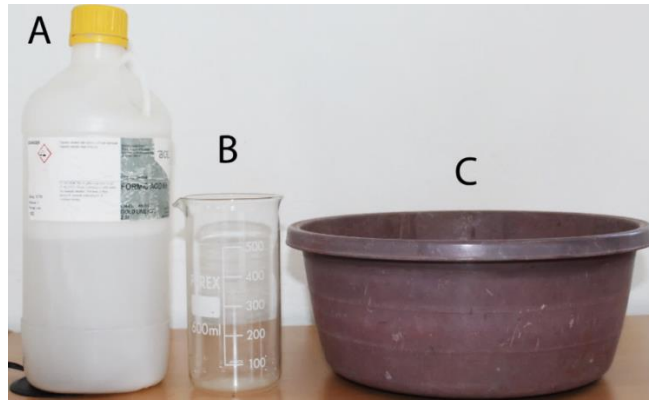


Figura 7. Mostra o material usado para preparação química: A-ácido acético, B-copo de becker, C-alguidar com água.

Fonte: Autora, 2023

Neste processo, o espécime PPM2019-106R foi mergulhado em solução de ácido fórmico de concentração equivalente a 5% (concentração padrão para remover argilitos e arenitos) durante 3 horas. Notou-se, porém, que a matriz rica em hematite dificilmente reagia ao ácido fórmico. Para contornar este problema, o espécime foi de seguida submetido ao banho de água oxigenada durante 24 horas. Ainda assim, a reacção do espécime PPM2019-106R nesta solução foi extremamente fraca, devido aos componentes químicos que compreendem a hematite matriz envolvendo o fóssil. Como recurso final, o PPM2019-106R teve de ser novamente submetido a preparação mecânica.



Figura 8.1-Ilustra a preparação da solução de ácido acético 5%. 2- Mostra o espécime PPM2019-106R embebido na solução ácido fórmico.

Fonte: Autora, 2023

2.2.4. Tomografia micro-computadorizada

Embora fora do âmbito deste projecto científico, o espécime PPM2019-106R foi submetido a tomografia micro-computadorizada (μ CT-scan) no ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) em Grenoble, França. A reconstrução das imagens tridimensionais do PPM2019-106R resultantes do scan, será feita num outro estudo detalhado deste espécime no futuro.

2.2.5. Trabalho de gabinete

Esta fase compreende a elaboração do relatório final, tendo sido necessário usar os seguintes programas computacionais:

- **Adobe Photoshop CS6 2015 (64 Bit):** Foi usado para uniformizar o fundo das fotografias do espécime;
- **Adobe Illustrator CC 2022:** Para ilustrar e delimitar as suturas e ou contactos entre os ossos e na organização das árvores filogenéticas;
- **ArcGIS 10.3:** Para a elaboração do mapa de localização geográfica;
- **ImageJ 1.5.2:** Para fazer medições digitais do crânio (para codificar na matriz filogenética);
- **Mesquite 3.61 (build 927):** Para codificar o espécime PPM2019-106R na matriz filogenética;
- **TNT:** Para realizar a análise filogenética.

CAPÍTULO III: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1. Descrição anatómica 0

O espécime PPM2019-106R é um crânio completo e que preserva todos os ossos que compõem o crânio. Abaixo segue a descrição anatómica abordando os seguintes pontos: localização, preservação, morfologia, contactos entre os ossos, processos e/ou estruturas e comparação com outros dicinodontes.

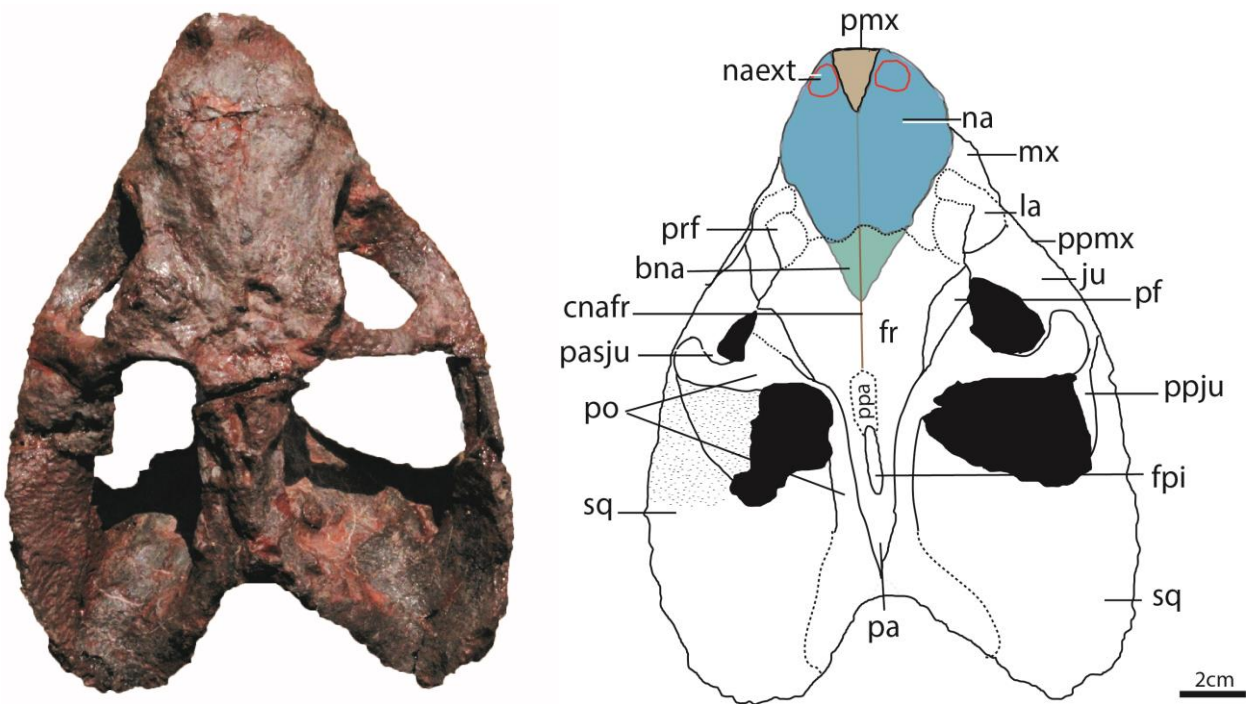


Figura 9. Espécime PPM2019-106R, Vista dorsal, **bna**-bossas nasais (verde), **cnafr**- crista naso-frontal, **fpi**-foramen pineal, **fr**- frontal, **ipa**-interparietal, **ju**-jugal, **la**-lacrimal, **mx**- maxila, **na**- nasal (azul), **naext**-narina externa (vermelho), **pa**-parietal, **pasju**- processo ascendente do jugal, **pf**- pós-frontal, **pmx**- pré-maxila (castanho), **po**- pós-orbital, **ppa**- pré-parietal, **ppju**- processo posterior do jugal, **ppmx**- processo posterior da maxila, **prf**- pré-frontal, **sq**-escamoso.

Fonte: Autora, 2023

3.1.1. Ossos do tecto do crânio

a. Nasal

O nasal (na) é um osso que constitui a porção anterior do tecto do crânio posterior ao processo ascendente da pré-maxila, estando bem preservado no espécime PPM2019-106R. O nasal possui uma crista paralela ao plano sagital do crânio que se prolonga até o frontal, o que acontece também no *Dicynodontoides* espécime NHCC LB117 (Ricardo Araújo, comunicação directa).

O focinho do PPM2019-106R é relativamente inclinado ventralmente enquanto o *Daptocephalus* cf. *leoniceps* (Murane, 2023), o seu focinho encontra-se muito inclinado direccionado ventralmente.

Anteriormente, o nasal faz fronteira com as aberturas da narina externa (indicada na imagem-naext) onde contacta a septomaxila ventralmente.

Em vista dorsal o nasal faz contacto anterior com a pré-maxila através de uma sutura em forma de “V”, contacta o pré-frontal e o frontal posteriormente, e com o frontal contacta ao longo de uma sutura ondulada irregular (Fig.9 região azul). Ventralmente, o nasal entra em contacto com a extensão dorsal da maxila e lacrimal. O nasal tem um formato em “V”.

O nasal aparece exposto em vista lateral, contacta a septomaxila dorsalmente, e contacta a maxila ventralmente. O nasal do PPM2019-106R tem um relevo mais alto em relação aos pré-frontais, textura pouco rugosa, ao contrário do *Daptocephalus* cf. *leoniceps* (Murane, 2023) que tem uma textura com um aspecto formidado, e ainda difere do *Dicynodon huenei* (Kammerer, 2019), cuja superfície é marcadamente rugosa.

As bossas nasais (Fig.9 região verde) estão presentes em PPM2019-106R e se estendem até ao frontal, essas bossas estendem-se posteriormente chegando a atingir o nível da metade do comprimento das órbitas ao passo que no espécime NHCC LB117 as bossas estendem-se até o nível da borda anterior das órbitas (Anexos 5). Em muitos dicinodontes, as bossas encontram-se bem separados entre si, como pode se observar em algumas espécies como *Dicynodon angielczyki*; *Oudenodon bainii* (Cumbane, 2021 e Siteo, 2023), e o contrário se verifica em

PPM2019-106R onde está grande separação entre as bossas não tem, somente é notável a sutura que separa as bossas ao longo do plano sagital do crânio (Fig.9).

Ainda em vista lateral, as bossas do PPM2019-106R tem uma orientação oblíqua em relação ao plano sagital do crânio (Fig.11). A orientação das bossas nasais do PPM2019-106R é diferente das do *Endothiodon* onde elas aparecem orientadas paralelamente ao plano longitudinal do crânio (Macungo et al., 2020).

b. Lacrimal

O lacrimal (la) é um par de ossos tridimensionais que formam uma pequena porção da base orbital, ou seja, a margem anteroventral da órbita.

A sua melhor exposição encontra-se em vista lateral do crânio, onde contacta o jugal posteriormente através de uma sutura oblíqua ao plano longitudinal do crânio, contacta o pré-frontal dorsalmente e entre eles também se contactam dentro da órbita através de uma sutura aproximadamente recta e contacta a maxila ventralmente.

Tal como alguns emidopóides (e.g., *Kembawacela kitchingi*, Angielczyk et al., 2019), o lacrimal e o pré-frontal do PPM2019-106R contactam-se dentro da órbita (Fig.11).

Devido à preservação e preparação do espécime PPM2019-106R, não foi possível identificar o foramen lacrimal, apesar da sua presença em todos os dicinodontes como (Angielczyk and Kammerer 2017; Angielczyk et al., 2019).

c. Pré-frontal

O pré-frontal (prf) é um par de elementos que constitui uma pequena parte lateral da porção anterior do tecto do crânio no rebordo orbital (Macungo et al., 2023).

No espécime PPM2019-106R o pré-frontal está preservado podendo ser observado em vista dorsal e lateral, em vista lateral, o pré-frontal exhibe uma forma aproximadamente triangular e uma textura lisa.

Em vista dorsal, o pré-frontal contacta o nasal anteriormente através de uma sutura oblíqua em relação ao plano principal do crânio, contacta o frontal posteriormente através de uma sutura convexo com direcção medial. Lateralmente o pré-frontal contacta o lacrimal dentro da órbita e na posição anteroventral da órbita ao longo de uma sutura recta.

O espécime PPM2019-106R apresenta uma característica diferente, onde o pré-frontal está deprimido em relação ao nasal ao contrário do que acontece com o *Dicynodon angielczyki* (Cumbane, 2021), onde o pré-frontal é elevado em relação ao nasal.

d. Frontal

O frontal (fr) é um osso ímpar e constitui o osso que cobre a maior parte da região inter-orbital do crânio.

A sutura entre os dois frontais dá-se ao longo de uma crista proeminente que se estende desde o frontal até ao nasal, crista naso-frontal (cnafr).

Em vista dorsal, o frontal contacta o nasal anteriormente, contacta o pré-frontal anterolateralmente, contacta o pré-parietal ao longo de uma sutura convexa e o parietal posteriormente através da sutura coronal.

O limite posterior do frontal no espécime PPM2019-106R não pode ser identificado com clareza devido ao estado de preservação, porém é visível um contorno convexo com o pré-parietal, e coronal com o parietal (Fig 9.)

O frontal do espécime PPM2019-106R encontra-se elevado em relação ao nasal e o pré-frontal, e esta característica é diferente de algumas espécies como no *Dicynodon angielczyki* (Cumbane, 2021), onde o frontal se encontra deprimido.

Anteriormente, o frontal faz uma pequena depressão que abre obliquamente anteriormente em cada lado das bossas nasais.

O frontal é expandido anteriormente e tem a tendência de se afunilar em direcção ao parietal.

Em vista lateral, o frontal tem uma pequena contribuição no tecto da órbita (Kammerer, 2019), sendo limitado pelo pré-frontal anteriormente e pelo pós-frontal posteriormente respetivamente, e esta porção lateral do frontal encontra-se elevada para encontrar o nível do pós-frontal.

e. Pós-frontal

O pós-frontal (pf) é um par de ossos que contribui para o teto da região orbital. O pós-frontal apresenta-se sub forma triangular no PPM2019-106R, apesar de estar melhor preservado o pós-frontal esquerdo em relação ao direito, pois sofreu alguns erros de preparação (Fig.9). A forma triangular do pós-frontal no PPM2019-106R também ocorre no *Dicynodontoides* espécime NHCC LB117 (Anexos 5) e no *Compsodon helmoedi* (Angielczyk and Kammerer, 2017). A presença do pós-frontal nos dicynodontes é variável, isto é, encontra-se presente em alguns táxones como PPM2019-106 R, *Dicynodon angielczyki*; *Compsodon helmoedi* (Cumbane, 2021; Angielczyk and Kammerer, 2017) mas está ausente no *Kembawacela kitchingi* (Angielczyk et al., 2019).

Em vista dorsal, o pós-frontal contacta o frontal anteriormente através de uma sutura oblíqua em relação ao plano principal do crânio e contacta o pós-orbital posteriormente.

O pós-frontal apresenta um relevo alto em relação ao frontal, algo semelhante ao *Compsodon helmoedi* (Angielczyk and Kammerer, 2017), porém, difere do *Niassodon mfumukasi*, em que o pós-frontal encontra-se no mesmo nível em relação ao frontal (Castanhinha et al., 2013).

Em vista lateral, observa-se uma menor porção do pós-frontal no espécime PPM2019-106R, que contribui para o teto da órbita e contacta o frontal e pós-orbital.

No PPM2019-106R o pós-frontal contacta o frontal ao longo de uma sutura oblíqua contrariando o *Emydops oweni*, em que o contacto entre esses dois elementos dá-se através de uma sutura com orientação relativamente recta (Fröbisch, 2008).

f. Pré-parietal

O pré-parietal (ppa) é um osso ímpar localizado na porção medial do tecto do crânio, observável somente na vista dorsal. O pré-parietal forma a extremidade anterior do forame pineal. A sua forma típica não está bem preservada no PPM2019-106R devido a erros durante a preparação mecânica.

Em vários dicinodontes o pré-parietal apresenta a forma triangular ou subtriangular caso do *Dicynodon angielczyki*; *Compsodon helmoedi*; (Angielczyk and Kammerer 2017; Kammerer, C.F., Araújo, R., Cumbane, K., Macungo, Z., Smith, R.M. and Angielczyk, K.D., 2021. New material of *Dicynodon angielczyki* (Synapsida: Anomodontia) from Mozambique and Zambia with biostratigraphic implications for African Permo-Triassic basins. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 41(6), p.e2041652.).

O pré-parietal do espécime PPM2019-106R parece deprimido e contacta o frontal anteriormente ao longo de uma sutura convexa, contacta o parietal posteriormente através de uma sutura ondulada.

g. Parietal

O parietal (pa) é um osso que se localiza na região posterior do tecto do crânio. Contribui para a zona intertemporal e pode ser observado em vista dorsal e lateral.

Em vista dorsal, o parietal contacta o pré-parietal anteriormente, contacta o pós-orbital lateralmente ao longo de sutura paralela ao plano principal localizado entre os parietais, ou seja, o parietal encontra-se entre os pós-orbitais na região intertemporal e entra em contacto com o interparietal posteriormente.

No PPM2019-106R o forame pineal é uma depressão com a forma elíptica e pouco profunda circundado pelos parietais (Fig. 9). O PPM2019-106R difere-se do *Saurosaptor* pois apresenta um forame pineal circular na zona mais posterior do crânio (Kammerer et al., 2016), e existem dicinodontes em que o forame pineal está ausente, caso do *Kawingasaurus* (Cox, 1972).

A bossa pineal ausente no espécime PPM2019-106R assim como em *Compsodon helmoedi* (Angielczyk and Kammerer 2017); *Niassodon mfumukasi* (Castanhinha et al., 2013) e encontra-se presente no *E. bathystoma* (Macungo et al., 2020).

Duas cristas bordejantes do forame pineal podem ser observadas em vista dorsal no espécime PPM2019-106R, estas cristas compõem o parietal formando um relevo alto em relação aos pós-orbitais. As cristas do parietal tendem a afunilar-se posteriormente para encontrar a sutura com o interparietal e assemelha-se ao *Dicynodontoides* NHCC LB117 (Anexos 5); *Compsodon helmoedi* (Angielczyk and Kammerer 2017), contrário do *Endothiodon mahalanobisi*, o parietal encontra-se deprimido, criando uma abertura um pouco profunda entre os pós-orbitais (Ray, 2000).

Em vista lateral, o parietal expande-se verticalmente contribuindo para a formação da parede da caixa craniana, onde entra em contacto com o processo ascendente do epipterigóide e este processo é descrito em Macungo et al., (2022), característica encontrada no espécime PPM2019-106R.

O parietal contacta o processo ascendente do proótico ventralmente (comumente conhecido como pila antótica) e contacta o escamoso na região occipital posteriormente.

3.1.2. Ossos do palato

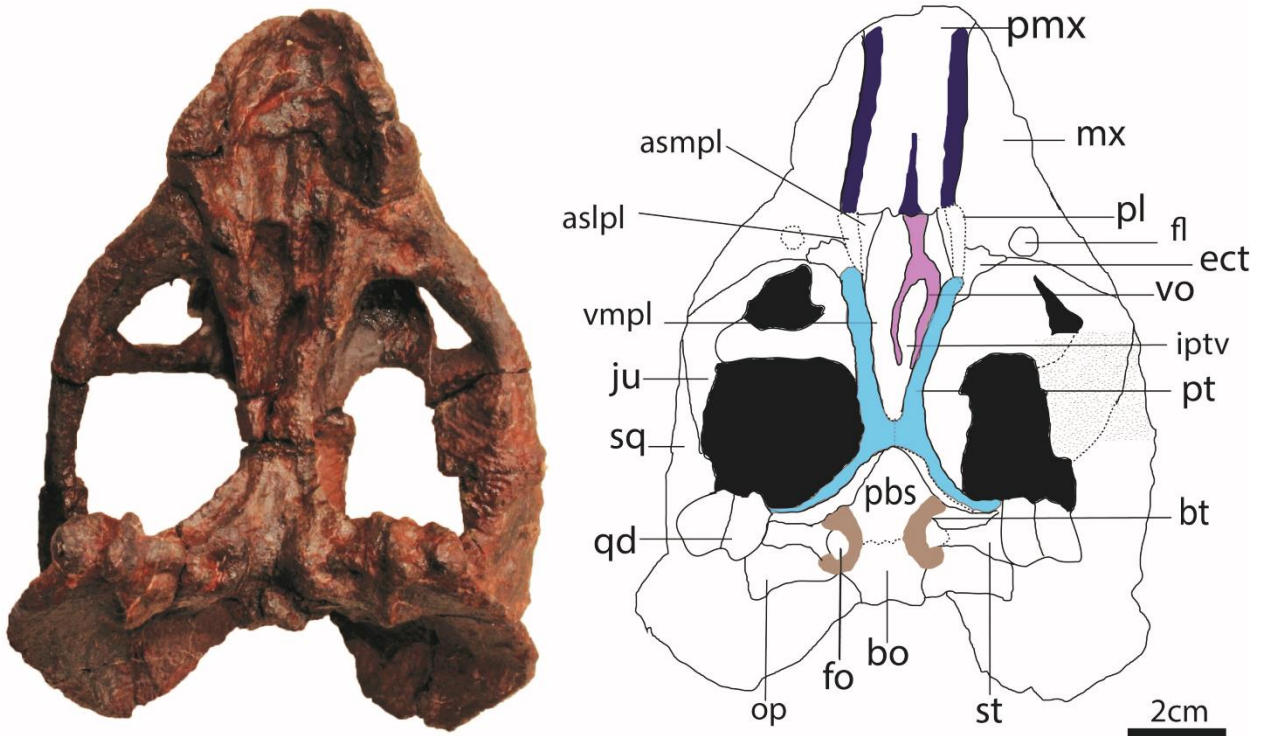


Figura 10: Espécime PPM2019-106R, Vista ventral. **asmpl**-aspecto medial da palatina, **asvpl**- aspecto ventral da palatina, **bo**-basoccipital, **bt**- tuberosidade basioccipital (castanho), cristas da pré-maxila (azul no tom escuro), **ect**-ectopterigoide, **fl**-foramen labial, **fo**-fenestra oval, **ipv**-vacuidade interpterigoidal, **ju**-jugal, **mx**- maxila, **pbs**-parasfenóide, **pmx**- pré-maxila, **pl**- palatino, **pt**- pterigóide (azul), **qd**-quadrado, **sq**- escamoso, **st**- estribo, **vo**- vômer (roxo).

Fonte: Autora, 2023

a. Pré-maxila

A pré-maxila (pmx) do PPM2019-106R forma uma pequena porção na posição anterior do crânio em vista dorsal e constitui o palato secundário anteriormente em vista ventral. Desta forma, a pré-maxila é naturalmente composta por dois processos, sendo um ventral que forma a parte dorsal do palato secundário, e outro correspondendo a exposição dorsal da pré-maxila. Em PPM2019-106R a pré-maxila encontra-se em bom estado de preservação e está fundida.

Anteriormente, a porção dorsal da pré-maxila borda dorsalmente as aberturas da narina externa onde contacta a septomaxila ventralmente e contacta o nasal posteriormente ao longo de uma sutura convexa. (Fig.9).

Em vista lateral, a pré-maxila do PPM2019-106R mostra-se triangular, cuja base corresponde à margem ventral do osso (Fig. 11).

Ainda em vista lateral, abaixo da abertura da narina externa a pré-maxila contacta a septomaxila e a maxila ventralmente e também possui um pequeno contacto com o processo caninoforme desenvolvido anteroventralmente.

Em vista ventral, a pré-maxila no espécime PPM2019-106R divide a maxila lateralmente e paralelamente ao plano principal do crânio (longitudinal) e não possui dentes, diferente do *Niassodon mfumukasi* que a pré-maxilar aparece com dentes na sua superfície (Castanhinha et al., 2013). Ainda nesta vista, a pré-maxila entra em contacto com o vómer e o palatino posteriormente.

Em vista ventral, a pré-maxila exhibe uma forma rectangular com a margem posterior suavemente ondulada (Fig.10).

No PPM2019-106R a pré-maxila possui cristas ventralmente, uma mediana posterior e paralela anteroposterior do crânio na superfície palatina da pré-maxila, e duas que se encontram nas laterais na pré-maxila (Fig.10 região azul), observadas também em *Dicynodontoides* NHCC LB117 (Anexos 5).

b. Maxila

A maxila (mx) ocupa a maior porção da região do palato secundário, encontra-se bem preservada no PPM2019-106R podendo ser observada em vista dorsal, lateral e ventral.,

Em vista dorsal, a maxila contacta o nasal, o lacrimal através de um contorno oblíquo e o jugal posteriormente.

O processo posterior da maxila (ppmx) no espécime PPM2019-106R visto em menor porção na vista dorsal e se estende em direção a arcada zigomática, onde contacta o jugal posteriormente, na extremidade lateral na região orbital.

Em vista lateral a maxila possui um pequeno contacto com o nasal, lacrimal, septomaxila e pré-maxila dorsalmente e é sobreposto pelo jugal dorso-posteriormente. Não há nenhum contacto

entre a maxila e escamoso tal como acontece no e *Niassodon mfumukasi*, (Castanhinha et al., 2013) e *Daptocephalus* cf. *leoniceps* (Murane, 2023).

Em vista ventral, a pré-maxila o palatino e o ectopterigóide limitam a maxila medialmente, porém, o contacto com a pré-maxila é o único discernível nas actuais condições de preservação do espécime e os outros foram inferidos.

A maxila do PPM2019-106R não possui dentes, porém um processo caniniforme diferente e bem desenvolvido pode ser observado. A ausência de dentes torna o PPM2019-106R diferente dos endotiodontídeos (ex: *Endothiodon* e *Niassodon mfumukasi*, Macungo et al., 2020 e Castanhinha et al., 2013) que possuem muitos dentes ou até mesmo múltiplas fileiras de dentes implantados na maxila. Pelo mesmo motivo, o PPM2019-106R difere-se também do *Daptocephalus* cf. *leoniceps* que possui presas caninas na sua maxila direcionadas ventralmente (Murane, 2023).

A fossa labial no espécime PPM2019-106R pode ser melhor observada na maxila direita, e é circundada pela maxila, jugal e palatino.

c. Ectopterigóide

O ectopterigóide (ect) compreende dois ossos pequenos que bifurcam em ramos laterais e mediais que circundando o pterigóide na sua margem anterior (Angielczyk and Kammerer, 2017).

No espécime PPM2019-106R, o ectopterigoide está bem preservado e é possível observar em vista lateral e ventral.

O ectopterigóide entra em contacto com a maxila anteriormente, o palatino medialmente e o pterigoide posteriormente. Em vista ventral, o ectopterigoide do PPM2019-106R aparece triangular com a margem lateral ondulada, e a base localizada anteriormente no contacto com a maxila (Fig. 10).

d. Vómer

O vómer (vo) é um osso ímpar, que compõe uma proeminência ao longo da região mediana do palato secundário, tornando-se no único elemento mediano (Fröbisch, 2008). No PPM2019-106R, o vómer encontra-se preservado, porém, nota-se ter sofrido um deslocamento lateral (Fig.10), onde o espécime poderá ter sofrido deformação por compressão. O vómer é observado somente em vista ventral do crânio.

Nesta vista, o vómer tem aspecto de um Y comprimido, sendo a base do Y larga e localizada anteriormente, e as duas asas finas, longas e comprimidas posteriormente (Fig. 10). Nota que a base do Y corresponde a placa vomeriana mediana descrita noutros dicinodontes (Araújo et al., 2022). Porém, esta placa é comparativamente fina no PPM2019-106R do que no *Kembawacela yajuwayeyi*, porque não são visíveis as porções mais ventrais da placa média vomeriana.

O vómer é cortado pela pré-maxila anteriormente através de uma sutura perpendicular ao eixo longitudinal do crânio e este contacto coincide com a posição da crista palatina mediana da pré-maxila (Fig.10 região azul). Os palatinos localizam-se nas margens laterais do vómer formando um contacto longitudinal ondulado. Nesta zona, a placa vomeriana flanqueia lateralmente as coanas que são depressões ovais profundas escavando a face ventral dos palatinos (Fig.10).

A região médio-ventral da placa vomeriana é estreita. E na região posterior, o vómer se bifurca, criando dois ramos bastante finos para formar as margens anteriores e laterais da vacuidade interpterigoidal (iptv). Um destes ramos encontra-se suturado ao pterigóide seguindo um plano paralelo ao eixo axial do crânio, porém, o outro ramo mantém-se desarticulado do pterigóide (Fig. 10). Isto sugere que o espécime tenha sofrido alguma deformação culminada o deslocamento do vómer. O contacto entre o vómer e os ramos anteriores do pterigóide é conhecido nos dicinodontes (Araújo et al., 2022), porém não se conhece uma extensão deste contacto igual à observada no PPM2019-106R (Fig.10). A vacuidade alonga-se anteriormente e tende a afunilar-se posteriormente, o contrário ocorre no *Compsodon helmoedi*, onde a vacuidade interpterigoidal é estreita, e afunila anteriormente em direção à placa vomeriana médio-ventral (Angielczyk and Kammerer, 2017). A vacuidade interpterigoidal é bordeada pelos ramos anteriores do pterigóide posteriormente no PPM2019-106R.

No *Dicynodontoides* espécime NHCC LB117 (Anexos 5); *Compsodon helmoedi* (Angielczyk and Kammerer, 2017) e PPM2019-106R o vómer tende a bifurcar posteriormente (Fig.10 cor roxo), característica que difere estes emidopoides do *Endothiodon*, em que a porção posterior não bifurca mas sim afunila posteriormente (Macungo et al., 2020).

e. Palatino

O palatino (pl) é um par de ossos que se localiza na região do palato secundário, limitado pelo vómer medialmente. O palatino no espécime PPM2019-106R está bem preservado e é observado somente em vista ventral do crânio.

O palatino do PPM2019-106R tem uma forma que se aproxima à de um triângulo.

Na superfície do palatino em PPM2019-106R, encontram-se dois componentes designados da placa mediana do palatino (asmpl) que formam o teto dorsal da coana e o aspecto lateral do palatino (aslpl) que se refere a parte elevada e forma o palato secundário.

O palatino contacta a pré-maxila anteriormente ao longo de uma sutura coronal e através deste conecta-se imediatamente as cristas palatais da pré-maxila encontradas lateralmente (Fig.10 região azul), contacta a maxila anterolateralmente e forma uma sutura em L invertido, assim sendo, na porção anterior o contacto entre eles dá-se ao contactar o início do processo caniniforme da maxila e lateralmente contacta o processo posterior da maxila (ppmx), o palatino contacta o ectopterigóide lateralmente através de uma sutura vertical concordante ao plano longitudinal, o palatino é limitado pelo vómer medialmente e juntos bordeiam a coana palatina, e contacta também o pterigóide postero-lateralmente.

No PPM2019-106R, não foi possível identificar forame palatino localizado entre o vómer e os palatinos, Sendo possível encontrar em algumas espécies como no *Niassodon mfumukasi* onde tem forame palatino subcircular, que tem a função de se comunicar com a abertura ventral das narinas internas (Castanhinha et al., 2013).

f. Pterigóide

O Pterigóide (pt) é um par de ossos que se estendem entre o palato secundário e o basicrânio (Angielczyk and Kammerer, 2017). O pterigoide em PPM2019-106R está preservado, porém a região mediana do pterigoide encontra-se fraturada, resultado de erros na preparação e tornando-se difícil identificar algumas estruturas e ou processos. O pterigoide pode ser observado na vista lateral e ventral.

O pterigóide apresenta uma morfologia em forma de X típica dos dicinodontes, com ramos anterior e posterior que se encontram na placa mediana do pterigóide (Macungo et al., 2020). Assim, a anatomia do pterigóide é descrita baseando-se em 3 partes principais, que são os ramos anteriores, a placa mediana do pterigoide os ramos posteriores ou ramos quadráticos.

Os ramos anteriores do pterigóide contactam o ectopterigóide anteriormente ao longo de uma pequena sutura oblíqua em ralação ao plano sagital do crânio, contacta o palatino e o vômer medialmente. O pterigóide, envolve a metade posterior da vacuidade interpterigoidal (iptv). No PPM2019-106R a vacuidade interpterigoidal encontra-se sob forma de uma depressão profunda, estreita e alongada (Fig.10). A superfície ventral dos ramos anteriores do pterigóide é suave e recta, e não hospeda a quilha pterigoidal no PPM2019-106R. A quilha está presente nos dicinodontes moçambicanos sob forma de uma pequena projecção ventral da ponta dos ramos anteriores do pterigóide (Massingue, 2024; Cumbane, 2021), porém, a sua ausência no PPM2019-106R pode ser resultado da deformação sofrida pelo espécime.

A placa mediana do pterigóide, une os ramos anteriores e os ramos posteriores do pterigoide, e forma a ligação entre o palato e o basicrânio (Macungo, et al., 2022), anteriormente forma a borda posterior da vacuidade interpterigoidal (iptv), e posteriormente, contacta o parabasisfenóide através de uma sutura inferida como U invertido.

Ainda entre a placa mediana do pterigóide desenvolve-se a crista esofágica que é uma crista plana em forma de V que converge posteriormente e se bifurca anteriormente sobre os ramos do pterigóide (Macungo, 2022). A crista esofágica é observada em *Dicynodon angielczyki* (Cumbane, 2021), e PPM2019-38Z (Massingue, 2024), e devido a preservação associada a erros na preparação este elemento não foi identificado no PPM2019-106R (Fig. 10). Importa referir

que a ausência desta crista é conhecida nalguns dicinodontes como o *Kawingasaurus* e *Kembawacela* (Cox, 1972 e Angielczyk et al., 2019).

Os ramos quadráticos do pterigoide divergem posteriormente a partir da placa mediana do pterigóide ao encontro do quadrado (côndilo medial do quadrado), e contactam o parabasfenóide lateralmente.

Em vista lateral direita (Fig.11), o pterigóide do PPM2019-106R contacta o ectopterigóide anteriormente através de uma sutura inferida convexa, contacta o epipterigóide dorsalmente ao longo de uma sutura horizontal e posteriormente mantém um pequeno contacto com quadrado.

g. Epipterigóide

O epipterigóide (epi) é um osso fino em forma de T invertido, que apresenta dois processos, um sobre o ramo quadrado do pterigoide que repousa horizontalmente e outro que ascende e se desenvolve verticalmente para contactar as flanges descendentes do parietal, (Macungo et al., 2022).

O PPM2019-106R possui apenas o epipterigóide direito preservado e intacto (Fig.11).

O epipterigóide do PPM2019-106R é muito fino na base, alongado verticalmente da parede lateral da caixa craniana (Fig.11), o ramo ascendente do epipterigoide é ligeiramente inclinado contra o pterigóide ventralmente diferente do *Emydops owenié*, pois o ramo ascendente do epipterigoide é mais reto (Fröbisch, 2008). estas características do epipterigoide são comuns em dicinodontes como *Dicynodontoides*; *Endothiodon mahalanobisi* e *Myosaurus gracilis* e *Kembawacela yajuwayeyi* (Cox, 1959; Ray, 2000; Macungo, 2022 e Araújo et al., 2022).

h. Basioccipital

O basioccipital (bo) forma a extremidade posterior da base do crânio e se estende até a placa occipital (Angielczyk and Kammerer, 2017). No PPM2019-106R o basioccipital aparece bem preservado e é possível observar em vista posterior e ventral do crânio.

Em PPM2019-106R, o basioccipital tem uma forma aproximadamente hexagonal em vista ventral.

Em vista posterior, o basioccipital no PPM2019-106R forma o terço ventral do côndilo occipital sendo que os exoccipitais compõem a parte dorsal do côndilo (Fig.13) e o contacto entre o basioccipital e os exoccipitais não é nítido porque o espécime é atravessado por uma fratura exactamente na zona do contacto (Fig. 13). O forame jugular (fj), é formado por basioccipital no assoalho ventral, o exoccipital forma a parte dorsal e o opistótico porção lateral.

O basioccipital contacta o opistótico lateralmente através de uma sutura vertical, e os dois, juntamente com o parabasisfenóide formam tuberosidades basioccipitais (bt). Na intercessão entre o basioccipital e o opistótico, forma-se a fenestra oval (fo) ventralmente, (Fig.10). Nota que é na fenestra oval que a cabeça do estribo se insere e que a outra parte do estribo se estende até o quadrado nos dicinodontes (Angielczyk and Kammerer, 2017).

Ainda na vista posterior do espécime PPM2019-106R, nota-se que na superfície anterior a tuberosidade basioccipital projeta-se verticalmente em relação ao plano coronal e esta orientação é semelhante ao *Compsodon helmoedi*; *Dicynodon angielczyki* onde a tuberosidade basioccipital é orientado vertical (Angielczyk and Kammerer, 2017 e Kammerer, 2019), e diferem do *Niassodon* pois as tuberosidades divergem lateralmente (Castanhinha et al., 2013). E ainda, o basioccipital mantém um curto contacto com o estribo através de uma sutura oblíqua em relação ao plano anteroposterior.

Em vista ventral, o basioccipital contacta o parabasisfenóide anteriormente através de uma sutura transversal.

A tuberosidade basioccipital em vista ventral têm uma forma semicircular (Fig.10 cor castanha) e no centro encontra-se o forame oval (fo).

Ainda nesta vista, no PPM2019-106R tem uma depressão mediana com textura lisa na superfície basioccipital.

i. Parabasisfenóide

O parabasisfenóide (pbs) é um osso do basicranio, formado pela fusão do parasfenóide e o basesfenóide, e que se estende desde a região mediana do pterigóide, até o basioccipital. O parabasisfenóide no PPM2019-106R está preservado e aparece exposto em vista ventral.

Em PPM2019-106R, o parabasesfenóide ocupa uma porção triangular em vista ventral.

O parabasesfenóide, é perfurado ventralmente pelos forames que dão passagem às carótidas internas, porém, devido a compressão e má preservação da região ventral do espécime, estes forames não podem ser observados no PPM2019-106R.

A margem anterior e lateral do parabasesfenóide tem um aspecto cônico por onde contacta a placa mediana do pterigóide e torna suavemente estreita (i.e., perpendicular ao eixo principal do crânio) posteriormente no contacto com o basioccipital em vista ventral (Fig.10). O contacto com o basioccipital coincide com o centro da fenestra oval, que também tem uma pequena contribuição do basesfenóide (pequena sobreposição do basesfenóide ao basioccipital anteriormente na tuberosidade basioccipital) no PPM2019-106R e noutros dicinodontes (Fig.10); (Macungo, et al., 2022). Demonstraram que o basesfenóide apenas sobrepõe-se ao basioccipital anteriormente na fenestra oval, sendo que não forma uma parede única da fenestra. Igual morfologia da exclusão do parabasesfenóide na fenestra oval foi reconstruída para o *Dicynodon angielczyki* (Cumbane, 2021). O único caso contrário a estes verifica-se no *Niassodon mfumukasi* onde o parabasesfenóide é reconstruído formando uma parede distinta da tuberosidade basioccipital (Castanhinha et al., 2013).

j. Estribo

O estribo (st) é um osso que preenche o espaço vazio da fenestra oval. Em PPM2019-106R o estribo está bem preservado e é observado em vista ventral e posterior do crânio.

O estribo no PPM2019-106R apresenta uma morfologia com um formato tipo bastonete (Fig.10);(Fig.13).

O estribo evidencia a possibilidade deste ter funcionado como estrutura transmissora de som e está presente numa pequena faceta em seu canto postero- lateral, assim sendo marca o ponto de fixação de uma cartilagem extra-estapediana que corre até a membrana timpânica (Cox, 1959).

Em vista ventral, o estribo do PPM2019-106R contacta o quadrado lateralmente ao longo de uma sutura vertical, contacta a tuberosidade basioccipital medialmente.

Em PPM2019-106R o estribo encontra-se articulado ao quadrado no seu processo médio-ventral e está orientado perpendicularmente em relação ao eixo principal do crânio, porém em dicinodontes é possível encontrar o estribo desarticulado do crânio, caso de *Niassodon mfumukasi*, o estribo está achatado orientando se dorsoventralmente (Castanhinha et al., 2013).

Anteriormente, no PPM2019-106R encontra-se uma depressão circular, preservado no lado direito no espécime (Fig.10), onde o estribo forma a borda posterior na depressão e a borda anterior é formada pelo ramo pterigóide que vai se ligar ao quadrado.

Medialmente, a platina é subcircular se conecta a faceta estapediana do tubérculo basioccipital e encontra o forame oval (fo). Faz um contacto lateral com o côndilo medial do quadrado.

No PPM2019-106R, o estribo não possui o forame estapediano e é comum essa ausência em muitos dicinodontes como por exemplo nos emidopóides como (*Dicynodontoides; Kombuisia*) (Cox, 1959; Frobisch, 2007) também no *Compsodon helmoedi; Niassodon* e Angielczyk and Kammerer, 2017, Castanhinha et al., 2013) e outras espécies dicinodontes. Porém, pode se encontrar este forame estapediano em *Kawingasaurus* (Cox, 1972).

Em vista posterior, o estribo contacta o opistótico dorsalmente ao longo de uma sutura transversal, onde um processo dorsal se eleva do canto postero-lateral do estribo e toca a superfície ventral do processo paraoccipital.

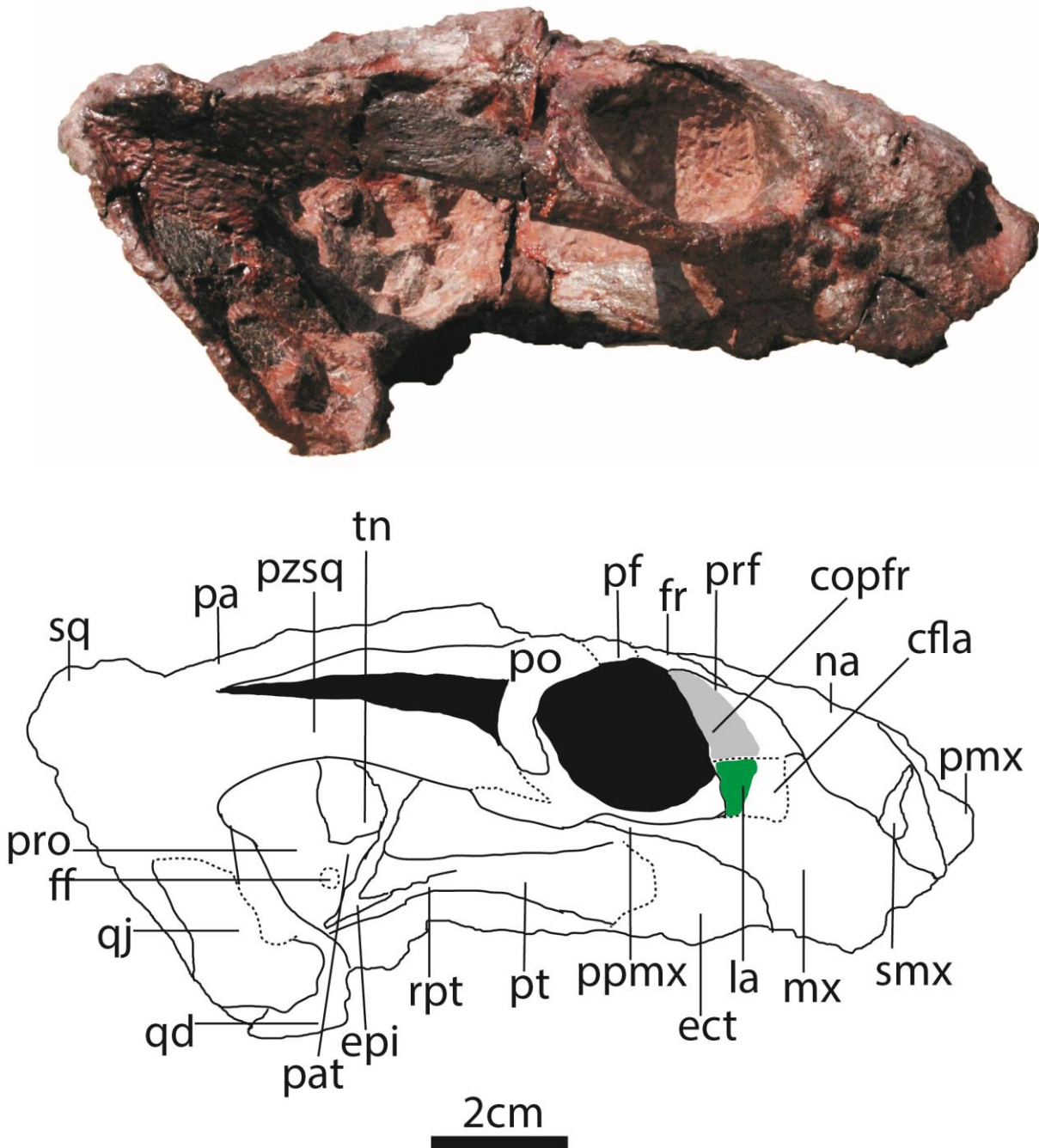


Figura 11. Espécime PPM2019-106R, Vista lateral direito. **cfla**- componente facial do lacrimal (verde), **copfr**-componente orbital do pré-frontal (cinzento), **ect**- ectopterigoide, **e**pi-epipterigoide, **fr**- frontal, **ju**- jugal, **la**-lacrimal, **mx**- maxila, **na**- nasal, **pa**-parietal, **pat**-pila antótica, **pf**- pós-frontal, **pmx**- pré-maxila, **po**- pós-orbital, **prf**- pré-frontal, **pro**-prootico, **pt**- pterigoide, **pzsq**- processo zigomático do escamoso, **qd**-quadrado, **qj**- quadratojugal, **rpt**-ramo pterigoide, **smx**-septomaxila, **sq**-escamoso, **tn**- tangencial notch.

Fonte: Autora, 2023

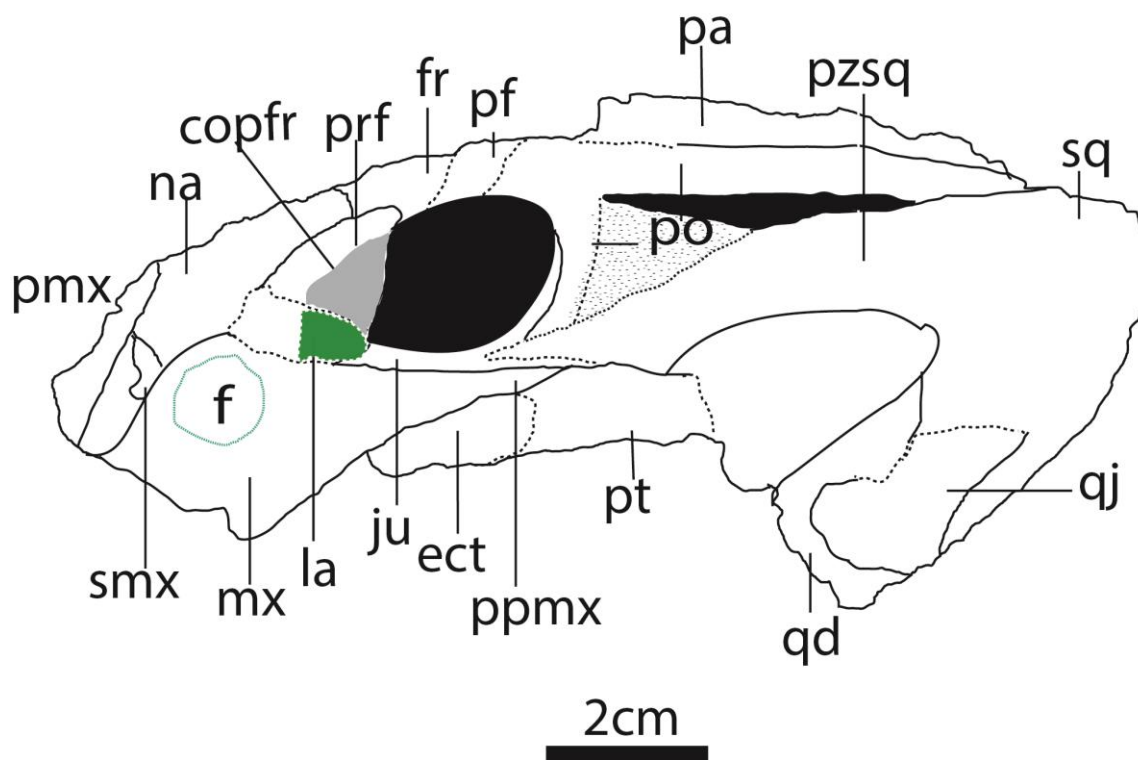


Figura 12. Espécime PPM2019-106R, Vista lateral esquerdo. **copfr**- componente orbital do pré-frontal (cinzento), **ect**- ectopterigoide, **f**-forame (azul), **fr**- frontal, **ju**- jugal, **la**-lacrimal (verde), **mx**- maxila, **na**- nasal, **pa**-parietal, **pf**- pós-frontal, **pmx**- pré-maxila, **po**- pós-orbital, **prf**- pré-frontal, **pro**-proótico, **pt**- pterigóide, **pzsq**- processo zigomático do escamoso, **qd**-quadrado, **qj**- quadratojugal, **rpt**- ramo pterigoide, **smx**-septomaxila, **sq**-escamoso.

Fonte: Autora, 2023

3.1.3. Ossos da arcada zigomática

a. Jugal

O jugal (ju) é um osso que compreende dois processos: isto é, primeiro contribui para formar o assoalho anterior da órbita e o segundo processo contribui para arcada zigomática (Macungo, 2020), e se prolonga posteriormente até atingir o princípio da fenestra temporal.,

Em vista dorsal, o jugal bifurca-se posteriormente em ramo dorsal que segue o pós-orbital até a mesma altura do último; e ramo ventral que prolonga-se a curta distância posteriormente contactando o escamoso.

Anteriormente, o jugal contacta o lacrimal e a maxila no seu processo posterior (ppmx). Ainda nesta vista, um processo ascendente do jugal (pasju) vai ao encontro do pós-orbital e nota-se também o processo posterior do jugal (ppju) que vai se afinando posteriormente sobrepondo o escamoso na região da fenestra temporal no ramo da arcada zigomática.

Em vista lateral o jugal sobrepõe-se à maxila e contacta o lacrimal anteriormente, e o escamoso intrude entre os dois processos posteriores do jugal posteriormente (Fig.11). Desta forma, a intrusão do escamoso no jugal dá-se em forma de um V invertido no PPM2019-106R. algo semelhante ao *Dicynodontoides* NHCC LB117 (Anexos 5), mas diferente do *Dicynodon angielczyki* onde o jugal sobrepõe o escamoso (Cumbane, 2021). Por outro lado, o contacto maxila e jugal dá-se em uma sutura em V no *Dicynodon angielczyki* (Cumbane, 2021). Ainda em vista lateral o processo ascendente do jugal (pasju) que se prolonga para contactar o pós-orbital anteriormente é estreito e afinado posteriormente, mas com uma base robusta.

Em vista ventral, o jugal se comporta em forma de um arco, o jugal contacta a maxila anteriormente, contacta o ectopterigoide lateralmente e o escamoso posteriormente ao longo do ramo zigomático.

O jugal junto com a maxila e palatino bordeiam o foramen labial, anatomicamente observado no lado esquerdo no espécime PPM2019-106R (Fig.10), e pode estar ausente em alguns dicinodontes como em *Niassodon mfumukasi* (Castanhinha et al., 2013).

b. Escamoso

O escamoso (sq) é um osso grande e constitui a arcada zigomática, o escamoso encontra-se bem preservado no PPM2019-106R e podendo ser observado em todas as vistas representadas no trabalho.

O escamoso subdivide-se em três processos: O processo dorsal, processo zigomático e processo quadrático.

Processo dorsal- é possível observar-lo em vista dorsal, o escamoso contacta o ramo zigomático e o ramo do quadrado e a partir desse ponto o osso se estende formando um “U” em uma superfície com textura lisa, se prolonga até encontrar o limite com o pós-orbital.

Processo da arcada zigomática- em vista lateral, o escamoso contribui na formação da arcada zigomática e localiza-se a margem lateral do crânio formando a parede lateral a fenestra temporal. O escamoso anteriormente tende a tornar-se menos espesso e afina-se até encontrar o jugal, contacta o pós-orbital dorsalmente.

O ramo zigomático do escamoso no espécime PPM2019-106R encontra-se ligeiramente abaixo da barra intertemporal enquanto que no *Compsodon helmoedi*, o seu ramo zigomático projeta-se muito abaixo da barra intertemporal. (Angielczyk and Kammerer, 2017).

Processo quadrático- na placa occipital, o escamoso forma a margem lateral da região occipital, isto é, entra em contacto lateral com os ossos que constituem a placa occipital, nomeadamente o tabular, supraoccipital, opistótico e o quadrado.

Ventralmente, o processo quadrático do escamoso contacta o quadratojugal através de uma sutura inferida devido aos seus limites que não são claros, e também contacta o proótico lateralmente.

c. Pós-orbital

O pós-orbital (po) é um osso que compreende dois processos nomeadamente, o processo anterior que forma a margem posterior da abertura orbital e o processo posterior que forma a borda lateral da fenestra temporal.

Em vista dorsal, o pós-orbital contacta o pós-frontal através de uma sutura oblíqua. O pós-orbital contribui para a parede da região intertemporal do crânio.

Em vista lateral do crânio, o pós-orbital, o ramo pós-orbital contacta o jugal no seu processo ascendente, contacta o escamoso ventralmente e tocando o processo anterior do ramo zigomático.

O pós-orbital contacta o parietal dorsalmente, e também se nota um processo ascendente do parietal que contacta o pós-orbital ventralmente.

Em PPM2019-106R o pós-orbital na região da barra intertemporal é curto e isso deve-se ao pós-orbital que tem uma curta largura sendo assim orientado verticalmente, como em emidopóides (*Dicynodontoides* e *Kombuísia*) (Cox, 1959; Frobisch, 2007) pois, o pós-orbital nestes espécimes tem a orientação vertical de modo que a maior parte da superfície externa do osso está voltada lateralmente. Porém difere-se *Compsodon helmoedi* os pós-orbitais são mais largos e aproximam-se mais perto da borda posterior do teto do crânio (Angielczyk and Kammerer, 2017).

d. Quadrado

Quadrado (qd) é um osso par e tem a função de articular a mandíbula no crânio. No PPM2019-106R, este elemento está bem preservado, podendo ser observado em vista lateral, ventral e posterior.

Em vista lateral, o quadrado encontra-se acomodado entre o quadrato-jugal e proótico lateralmente, e contacta também o escamoso dorsalmente.

Dois côndilos articulares constituem a face ventral do quadrado, sendo um côndilo lateral e outro medial separados por uma ranhura orientada anteroposteriormente. Nota-se que o côndilo lateral apresenta um relevo alto e é expandindo mediolateralmente em relação ao côndilo medial.,

Em vista posterior é possível observar uma pequena exposição do quadrado, principalmente os seus côndilos (Fig. 13), o quadrado mantém um pequeno contacto com o opistótico, contacta o escamoso dorsalmente, contacta o quadrato-jugal dorsolateral e por fim contacta o estribo (st) lateralmente.

e. Quadrato-jugal

O quadrato-jugal (qj) é um osso que aparece em forma de uma placa anterior ao processo quadrático do escamoso em vista lateral. No PPM2019-106R o quadrato-jugal está preservado.

O espécime PPM2019-106R tem a forma morfológica aproximadamente triangular e em forma de placa.

Em vista lateral, o quadrato-jugal sobrepõe-se ao quadrado, o quadrato-jugal é ladeado pelo escamoso dando continuidade dorsalmente. Em vista posterior, o quadrato-jugal do PPM2019-106R tem uma pequena participação na placa occipital, contacta o escamoso dorsalmente através de uma sutura oblíqua comparado ao plano principal do crânio, contacta o escamoso ventralmente.



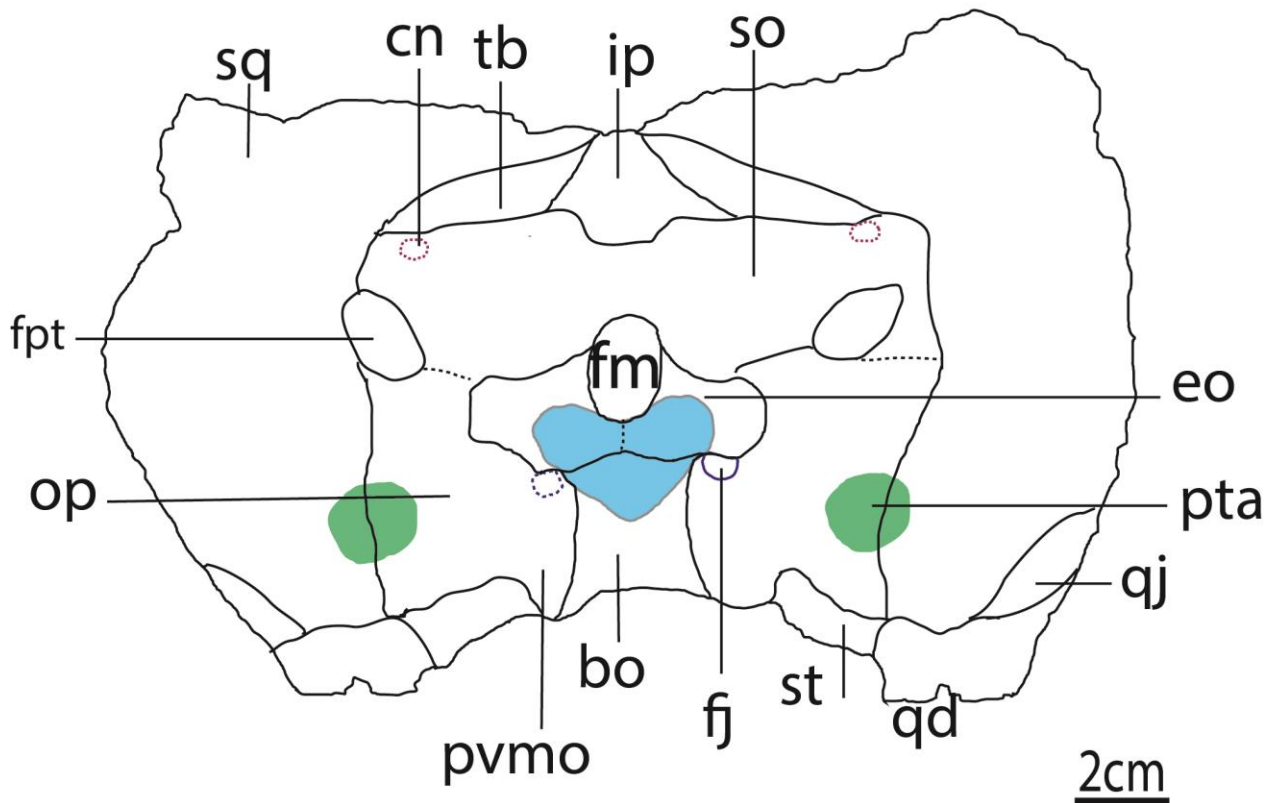


Figura 13. Região occipital: **bo**- basioccipital, **cn**-foramen nutritivo (roxo), **eo**- côndilo occipital (azul) **eo**; exoccipital, **fj**- forame jugular, **fm**; foramen magno, **fo**- fenestra oval, **fpt** fenestra pós-temporal, **ip**- interparietal, **op**; opistótico, **pa**-parietal, **pat**- processo timpânico (verde), **pvmo**- processo ventromedial do opistótico, **qd**- quadrado, **qj**- quadratojugal, **st**-estribo, **tb**- tabular, **so**-supraoccipital, **sq**-escamoso.

Fonte: Autora, 2023

3.1.4. Ossos da região occipital

a. Interparietal

O interparietal (**ip**) é um osso pequeno, ímpar que ocupa a posição dorsomedial da placa occipital. O interparietal no PPM2019-106R está bem preservado e exibe uma forma subtriangular, algo semelhante ao *Compsodon helmoedi* (Angielczyk and Kammerer, 2017).

O interparietal localiza-se entre o tabular lateralmente ao longo de uma sutura oblíqua em relação ao plano sagital do crânio, contacta o parietal dorsalmente ao longo de uma sutura coronal, e contacta o supraoccipital ventralmente ao longo de uma sutura e que uma pequena saliência do

interparietal descende ventralmente no supraoccipital, descrevendo assim um contorno ventral ondulado para o interparietal (Fig.13).

A superfície occipital do interparietal do PPM2019-106R é lisa tal que não apresenta uma crista nugal igual àquela presente no espécime *Dicynodontoides* NHCC LB117 (Anexos 5); PPM2019-38Z (Massingue, 2024). Enquanto as margens laterais do interparietal são oblíquas, a margem dorsal é suavemente horizontal.

b. Tabular

O tabular (tb) é um osso ímpar que ocupa a posição dorsolateral na placa occipital (Fig.13), No PPM2019-106R o tabular encontra-se bem preservado e apresenta uma forma triangular, porém difere-se do *Niassodon mfumukasi*, onde o tabular é oval (Castanhinha et al., 2013).

O tabular encontra-se entre o escamoso, o interparietal e o supraoccipital (Angielczyk and Kammerer, 2017). Portanto, contacta o escamoso ventrolateral, contacta o interparietal medialmente formando uma sutura vertical e contacta o supraoccipital ao longo de uma sutura transversal e neste ponto, o tabular forma a margem dorsal do forame nutritivo (cn) que se encontra entre o tabular e supraoccipital.

c. Supraoccipital

O supraoccipital (so) é um osso que contribui na região da placa occipital, o espécime PPM2019-106R encontra-se bem preservado, o supraoccipital se expande na placa occipital, no entanto, é mediolateralmente largo e dorso-ventralmente baixo o que leva a ter uma forma retangular e se encontra ao nível da superfície da placa occipital diferente de (Cumbane, 2021) no qual o supraoccipital é deprimido.

O supraoccipital faz contacto dorsal com o interparietal e tabular, com o interparietal forma uma sutura tipo V, onde uma pequena porção intrui a superfície do supraoccipital, contacta o escamoso lateralmente, contacta o opistótico ventralmente através de uma sutura transversal, contacta os exoccipitais ventromedialmente ao longo de uma sutura oblíqua em relação ao plano principal.

Dorsalmente, encontram-se pares de forame nutritivo (cn) que tem a forma circular presentes entre o interparietal, supraoccipital e o escamoso.

O supraoccipital na sua extensão lateral encontra-se uma elevação ou saliência que posteriormente encontra-se uma depressão e a esta depressão se refere a fenestra temporal estando na borda dorsal do supraoccipital e o opistótico como base posteriormente, e também limita-se com o escamoso lateralmente. E a fenestra temporal encontra-se orientado obliquamente em relação ao forâmen magno. Diferente do espécime PPM2019-38Z (Massingue, 2024), onde a fenestra temporal encontra-se orientada horizontalmente.

Ventromedialmente, ao longo da placa occipital o supraoccipital encontra-se contribuindo para o tecto da abertura do forame magno, e este não contribui na porção lateral do forame magno e neste ponto contacta com o exoccipital.

d. Exoccipital

os exoccipitais (eo) são ossos que se desenvolvem na placa occipital e formam o côndilo occipital (Angielczyk et al., 2017).

O exoccipital no PPM2019-106R encontra-se preservado mas apresenta uma fratura no meio, não sendo visível a sutura entre esses elementos. O exoccipital apresenta uma forma retangular, no contacto com o opistótico, o exoccipital tem relevo ao mesmo nível da placa occipital e no côndilo relevo alto.

O exoccipital forma a porção dorsal do côndilo occipital. O côndilo é subdividido em três porções (dois exoccipitais e a porção do basioccipital), e este, tem a função de articular a primeira vértebra cervical, que tem a forma de um rim, análogo ao *Niassodon* (Castanhinha et al., 2013).

Os exoccipitais bordeiam o forâmen magno que se localiza dorsalmente ao côndilo occipital e cobre metade da altura do forame magno. Este grande forame magno tem a forma oval e é diferente do *Emydops oweni*, pois este tem um formato arredondado ou circular (Fröbisch, 2008).

O exoccipital junto com opistótico rodeiam o forame jugular que se localiza nas laterais do côndilo occipital, mas um dos lados não está preservado devido a má preparação mecânica.

e. Opistótico

O opistótico (op) è um osso da placa occipital e se encontra em bom estado de preservação.

O opistótico contacta o subraoccipital dorsalmente, e o escamoso lateralmente e juntos bordeiam a fenestra pós-temporal, o opistótico formando a porção póstero-ventral da fenestra pós-temporal. Contacta o exoccipital medialmente e no cõndilo occipital o opistótico forma a margem lateral do forame jugular (Fig.13).

Geralmente o opistótico aparece fundido com o proótico formando o periótico, no entanto, a fusão dos dois elementos não é nítida no PPM2019-106R pois as áreas onde deveria haver um contacto sutural não estão preservadas.

Em PPM2019-106R ocorre o processo paraoccipital do opistótico e apresenta lateralmente, próximo ao contacto com o escamoso, um nítido processo timpânico (pta) que é uma estrutura que tem a forma arredondada que forma um aplice na lâmina do opistótico, este processo encontra-se detalhado em (Cox, 1959) este processo paraoccipital se estende até contactar o escamoso, o processo timpânico é uma estrutura típica encontrada em dicinodontes como nos endotiodontídeos (ex: *Endothiodon* e *Niassodon mfumukasim*, Macungo et al., 2020; Castanhinha et al., 2013) e kingorídeos (ex, *Dicynodontoides*; *Thliptosaurus*, Cox, 1959; Kammerer, 2019).

Dorsalmente ao processo timpânico, encontra se uma depressão do opistótico e ainda na placa do opistótico imediatamente na posição dorso-lateral ao processo timpânico, encontra se desenvolvido um pequeno processo ventromedial opistótico em forma de bastonete com uma orientação oblíqua.

O opistótico se estende ventralmente e contacta o basioccipital e neste contacto encontra-se o processo ventromedial do opistótico (pvmo), é uma protuberância espessa em forma de tubérculo, separado do basioccipital através de uma sutura mais ou menos vertical.

No canto ventrolateral o opistótico tem um pequeno contacto com o quadrado, contacto este que pode ser visto em vista posterior tanto como em vista ventral.

f. Proótico

O proótico (pro) é um osso que compõe a parede anterior na parede anterior da placa occipital, limitado pelo supraoccipital e opistótico posteriormente e pelo basioccipital e basisfenóide ventralmente (Macungo et al., 2022).

Devido a deformação apenas o proótico direito encontra-se é melhor observado em vista lateral direito, tendo a outra vista lateral sofrido uma deformação, por este motivo não estão preservados alguns ossos.

Geralmente o proótico apresenta a forma morfológica em D e é orientado dorsoventralmente (Macungo et al., 2020). Forma esta presente em muitos dicinodontes, nomeadamente os endotiodontídeos (ex: *Endothiodon* e *Niassodon mfumukasi*, Macungo et al., 2020; Castanhinha et al., 2013), kingorídeos ex: *Dicynodontoides* (Cox, 1959); o PPM2019-106R e outros dicinodontes.

O proótico contacta opistótico posteriormente, e forma a parede anteriolateral do forame magno, contacta o supraoccipital dorsalmente, contacta também uma pequena porção do epiptérigoide, e contacta o quadrado lateralmente.

No proótico ocorre o processo anterior curto que sustenta a pila antótica, e na base do proótico do PPM2019-106R encontra-se o forame flocular (ff) por onde passa o nervo facial e possui uma forma oval, e mais adiante encontra-se o tangencial notch (tn).

3.2. Discussão Taxonómica

Diagnose: O espécime PPM2019-106R tem como diagnose a ausência de presas, dentes incisivos e pós-caninos ausentes, largura da barra interorbital maior que a largura da barra intertemporal, focinho relativamente longo, bossas nasais que formam um “ V “ que se prolongam posteriormente formando a metade da barra interorbital, osso pós-frontal presente forma subtriangular, forame pineal presente e apresenta uma forma elíptica, tabular presente, orientação vertical dos pós-orbitais na barra intertemporal, parietais expostos entre eles e formam crista ao longo da linha mediana do crânio, processo timpânico distinto na extremidade lateral da superfície posterior do processo paraoccipital.

3.2.1. O PPM2019-106R entre os outros dicynodontes

O PPM2019-106R é um espécime que não apresenta dentes ao longo da superfície ventral da maxila, o que o torna diferente de todos os dicynodontes com dentes (e.g., os endotiodontídeos, Maharaj et al., *in press*; e as referências nela contidas). Ainda que não se conheça a mandíbula do PPM2019-106R para averiguar a dentição, o aspecto geral do crânio incluindo o seu tamanho proporcional do crânio é diferente do dos endotiodontídeos.

Por outro lado, o PPM2019-106R possui um crânio triangular com um forame pineal localizado na região medial do crânio; o que o difere dos cistecefalídeos que são caracterizados por um crânio em forma de caixa, e pela perda ou extrema redução do forame pineal sendo que quando presente, este localiza-se na zona mais posterior do crânio (Macungo et al., 2022; 2023). Algumas espécies entre os cistecefalídeos apresentam bossas pré-frontais (e.g., *Cistecephalus*, Keyser 1965, 1973), ao passo que os pré-frontais se dispõem em uma superfície plana e lisa no PPM2019-106R (Fig. 14).

O PPM2019-106R difere-se igualmente dos dicynodontes derivados (e.g., *Oudenodon bainii* moçambicano) por estes apresentarem bossas nasais ovoides e muito pronunciadas (Siteo, 2023), enquanto que no PPM2019-106R as bossas são mais triangulares. Em adição, o PPM2019-106R possui um focinho apenas suavemente inclinado em comparação com o abruptamente inclinado, com presas caniniformes, e com o ramo zigomático do escamoso muito angulado em vista lateral nos Dicynodontoidea (e.g., *Daptocephalus*, Muzazaila 2022; Murane, 2023).

Relativamente ao *Thliptosaurus imperforatus*, este apresenta uma região intertemporal extremamente larga com expansão lateral parietal em vista dorsal (Kammerer, 2019), enquanto que a zona intertemporal é estreita no PPM2019-106R, e o parietal apresenta-se sob forma de uma fina crista ao longo do eixo principal do crânio.

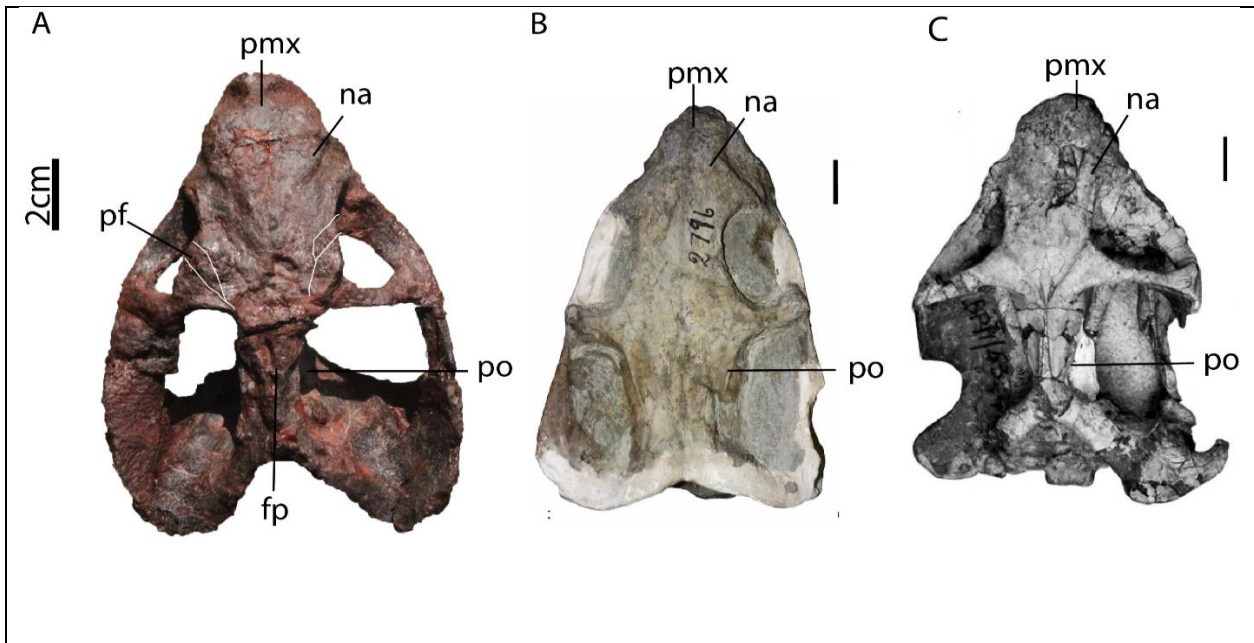


Figura 14. A imagem acima representa em vista dorsal o espécime PPM2019-106R (A); *Thliptosaurus imperforatus* (B) e *Kombuisia frerensis* (C). A imagem ilustra as diferenças na forma da pré-maxila (pmx); nasal (na); pós-orbital; pós-frontal (pf). (Barras de escala 1cm).

Fonte: Autora, 2023

Apesar de tantas diferenças com os dicinodontes mencionados acima, o PPM2019-106R assemelha-se ao género *Dicynodontoides*, pelas seguintes razões: O PPM2019-106R e o género *Dicynodontoides* são caracterizados pela ausência de dentes pré-caninos e pós-caninos, possuem uma região interorbital mais larga que a barra intertemporal, pelos pós-orbitais que cobrem as porções laterais da barra intertemporal, pós-frontais presentes.

(ou ausentes quando fundidos com os pós-orbitais em *Dicynodontoides* no estágio ontogenético avançado, Kammerer & Smith (2017), tabular presente, presença do processo timpânico na face occipital do processo paraoccipital do opistótico (descrito pela primeira vez no *Kingoria* em Cox (1959) equivalente a *Dicynodontoides* (Kammerer et al., 2011), placa vomerina mediana relativamente larga.

O género *Dicynodontoides* é composto por duas espécies, nomeadamente o *D. nowacki* (Tanzaniano) e *D. recurvidens* (Sul africano) que se distinguem entre si com base na morfologia e tamanho do crânio.

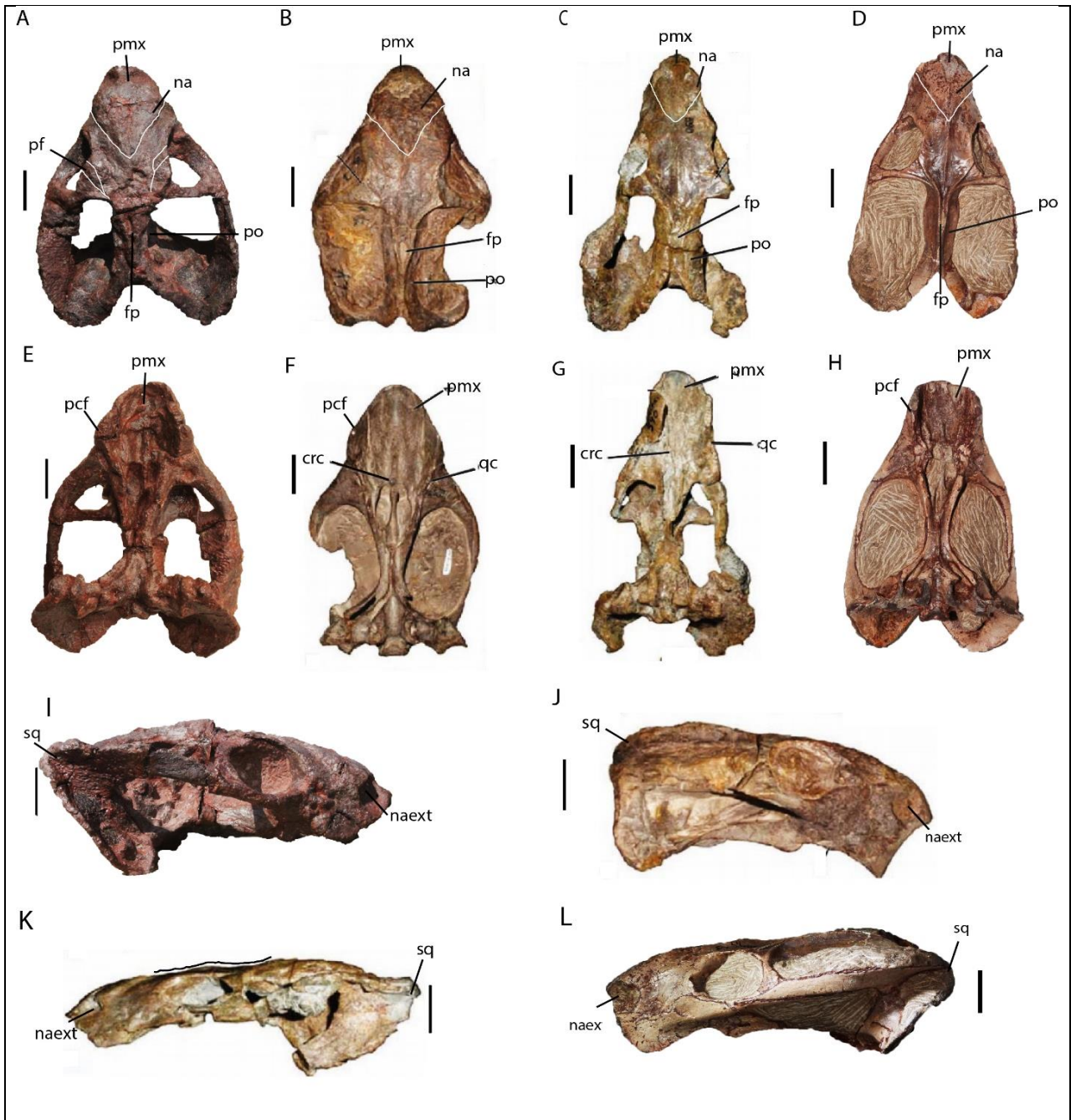


Figura 15. Comparação do espécime PPM2019-106R (A, E e I) com espécimes de *Dicynodontoides nowacki* (B, F e J), *Dicynodontoides recurvidens* (C, G e K) e *Dicynodontoides* espécime NHCC LB117 (D, H e L) em vista dorsal, vista ventral e lateral. Forma do nasal (na); pré-maxila (pmx); narina externa (naext); forame pineal (fp); exposição do pós-orbital (po); crista caniniforme (crc); quilha caniniforme (qc); escamoso (sq). Kammerer, et al., 2011 (Barra de escala 2cm).

Fonte: Autora, 2023

O *Dicynodontoides* espécime NHCC LB117 (Anexos 5) compartilha as seguintes características com o PPM2019-106R, a presença do osso pós-frontal (Fig. 15), ausência do contacto entre a maxila e o ramo zigomático do escamoso em vista lateral presença de cristas palatais da pré-maxila, presença do processo caniniforme. Em vista ventral, no PPM2019-106R os ramos pterigóides anteriores são rectos, diferente do *Dicynodontoides* espécime NHCC LB117 (Anexos 5) os ramos pterigóides anteriores tendem a curvar.

O *Dicynodontoides recurvidens* por sua vez, apresenta um focinho mais longo em relação ao focinho do PPM2019-106R (Fig. 15).

O espécime PPM2019-106R se aproxima mais do *Dicynodontoides nowacki* porque dentre as características que os unem, o crânio tem a forma aproximadamente triangular em vista dorsal (Fig. 15), um tamanho pequeno, bossas nasais com uma proeminência em forma de V, contacto sutural entre a pré-maxila e o nasal, parietais expostos como crista ao longo do eixo mediano do crânio, ramos pterigóides anteriores rectos, a maxila desenvolve o processo caniniforme com uma terminação pontiaguda em vista lateral (Fig. 15).

3.2.2. Identificação taxonómica

Paleontologia Sistemática

Clado: Synapsida Osborn, 1903

Ordem: Therapsida Broom, 1905

Subordem: Anomodontia Owen, 1860

Infraordem: Dicynodontia Owen, 1860

Superfamília: Emydopoidea van Hoepen, 1934

Família: Kingoriidae King, 1988

Género: *Dicynodontoides* Broom 1940

Espécie: *Dicynodontoides nowacki* Von Huene, 1942

3.3 Análise filogenética

O espécime PPM2019-106R foi adicionado na matriz filogenética dos dicinodontes mais recente (Murane, 2023; Siteo, 2023) ao conjunto de dados de Liu, (2021), por meio da codificação de 200 caracteres discretos e 23 caracteres contínuos. Os caracteres contínuos representam principalmente as dimensões de algumas estruturas medidas diretamente no espécime, enquanto que os caracteres discretos são definidos por um conjunto de valores designados por estado-caracter. A codificação dos caracteres discretos funciona para um determinado caracter que apresenta ou não certa estrutura ou morfologia de um determinado osso, sendo caracterizado como estado-caracter 0 ou 1 para designar a ausência ou presença desta estrutura. Esta numeração vai aumentando em função do número total dos estado-caracteres que se podem definir para o respetivo caracter. Em casos de má preservação do espécime ou dificuldade na determinação do estado caracter, o espécime é codificado como '?'. Foi feita a codificação usando o software Mesquite 3.61 (build 927) para actualização da matriz e incorporação do espécime PPM2019-106R. No final usou-se o TNT para correr a análise para obtenção da árvore filogenética.

Durante a codificação do PPM2019-106R, foram efetuadas diversas alterações na matriz inicial, podendo ser observados abaixo. Táxones alvos destas alterações foram o *Rastodon* e *Dicynodontoides*. No final, esta recodificação não alterou a posição filogenética destes géneros.

72.Placa ventral média de vômer com uma área oval expandida posterior à junção com a pré-maxila (0) ou sem uma área expandida notável posterior à junção com a pré-maxila (1).

O *Rastodon* e *Dicynodontoides* antes possuíam o estado caracter (1) pois, considerava-se que a placa ventral média de vômer está sem uma área expandida posterior à junção com a pré-maxila e foi mudado para o estado caracter (0) porque através da nova observação, verificamos que a placa ventral média de vômer tem uma área oval expandida posterior à junção com a pré-maxila.

73.Placa ventral média de vômer relativamente larga em vista ventral (0), mais estreita e em forma de lâmina em vista ventral (1).

O *Rastodon* e o *Dicynodontoides* possuíam o estado caracter (1) pois, antes considerava-se que a

placa ventral média de vômer é mais estreita e em forma de lâmina. Nesta análise foi possível confirmar que para ambos géneros a placa ventral média de vômer é relativamente larga em vista ventral mudando assim o estado caracter para (0).

89. Quilha pterigoidea anterior estendendo-se pela maior parte do comprimento do ramo anterior do pterigóideo (0), quilha pterigóidea anterior restrita à ponta anterior do ramo anterior do pterigóideo (1).

Antes o estado-caracter era (0) para o *Rastodon* e o *Dicynodontoides*, sendo que agora o estado caracter (1) é que mais descreve esta estrutura nos dois táxones, visto a quilha pterigóidea anterior é restrita à ponta anterior do ramo anterior do pterigóide.

91. Cristas ventrais convergentes na porção posterior dos ramos pterigoideos anteriores ausentes (0) ou presentes (1).

Os dois géneros antes estavam codificados com estado caracter (0), considerava-se que não possuíam as cristas ventrais porém, constatou-se que no *Dicynodontoides* e no *Rastodon* as cristas ventrais estão presentes convergindo na porção posterior dos ramos anteriores do pterigóide, estado caracter (1) e devido a má preservação nesta região do *Rastodon* tomou o estado caracter (?).

112. Borda lateral do processo paraoccipital desenhada em um processo pontiagudo direcionado posteriormente que é distintamente deslocado da superfície da placa occipital: ausente (0) presente (1).

Antes o estado-caracter entre *Rastodon* e *Dicynodontoides* era (0) onde considerava-se ausente o processo paraoccipital com uma estrutura pontiaguda na superfície da placa occipital, porém verificamos que o processo paraoccipital está presente na direção posterior distalmente deslocado na superfície da placa occipital, e como resultado alterou-se o estado caracter para (1).

185. A pila antótica: tem uma base robusta e arredondada (0), é estreita, longa e em forma de

bastonete (1), ou é alta e expandida ântero-posteriormente (2)

O *Rastodon* e *Dicynodontoides* tinham o estado caracter (?) para este caracter pois, não era possível definir forma da pila anótica bem como a sua orientação devido as péssimas condições de preservação dos espécimes usados. Mas com a nova observação no *Rastodon* e *Dicynodontoides* verificamos que a pila anótica é estreita, longa e em forma de bastonete e entretanto seu estado carater mudou para (1).

190.O componente exoccipital dorsal é: curto com menor contribuição para a altura do forame magno (0), retangular e cobre metade da altura do forame magno (1), ou reniforme e cobre mais da metade da altura do forame magno (2).

Os dois géneros antes estavam codificados com estado caracter (?) mas com nova observação mudou para o estado caracter (1) que afirma ter o componente exoccipital dorsal retangular e que cobre a metade da altura do forame magno no *Rastodon* e *Dicynodontoides*.

195.Face anterior da sínfise dentária: sem ornamentação (0); com crista mediana (1).

Devido ao estado de preservação da sínfise dentária entre o *Rastodon* e *Dicynodontoides* antes tinha o estado caracter (?), porém foi observado a face anterior da sínfise dentária com crista mediana considerando-se assim o estado caracter (1) para estes táxones.

3.3.1. Discussão da posição filogenética do PPM2919 106 R

O espécime PPM2019-106R é recuperado como membro da família Kingoriidae suportado pelos seguintes caracteres:

O espécime PPM2019-106R relacionam-se à família Kingoriidae por apresentar uma placa ventral média de vômer relativamente larga em vista ventral.

- ✓ Apenas um caracter relaciona o espécime PPM2019-106R ao *Kombuisia* que é a presença de uma depressão no pré-parietal (**caracter 45**).

Relação do PPM2019-106R com o *Dicynodontoides*

Os seguintes caracteres relacionam o espécime PPM2019-106R com o *Dicynodontoides*:

- ✓ Ambos apresentam mesma dimensão da largura mínima do tecto do crânio inter-orbital em relação ao comprimento basal do crânio (**caracter 3**).
- ✓ Igual altura da quilha pterigóidea anterior em vista lateral relativa à altura do ramo não quilha (**caracter 7**).
- ✓ Mesma largura da placa pterigóidea mediana em relação ao comprimento da base do crânio (**caracter 8**).
- ✓ Mesma angulação da placa occipital em relação ao palato expressa a razão entre os comprimentos dorsal e basal do crânio é igual entre (**caracter 13**).
- ✓ O espécime PPM2019-106R e o *Dicynodontoides* relacionam-se porque a superfície posterior do lobo medial supraoccipital possui uma crista nugal vertical proeminente (**caracter 183**).

Relação do PPM2019-106R com o PPM2019-38R

Pelo menos três caracteres unem o espécime PPM2019-10R ao outro novo *Dicynodontoides* moçambicano, espécime PPM2019-38R:

- ✓ Mesmo ângulo de divergência dos ramos quadráticos do pterigóide (**caracter 9**).
- ✓ Mesmo ângulo entre os processos ascendente e zigomático do escamoso (**caracter 12**).
- ✓ Ambos não possuem a depressão na placa ventral média do vômer (**caracter 74**).

Diferença entre o PPM2019-106R e o PPM2019-38R

Os dois espécimes de *Dicynodontoides* de Moçambique possuem uma diferença entre eles:

- ✓ Não possuem o mesmo comprimento da região pré-orbital do crânio em relação ao comprimento basal do crânio (**caracter 1**)

Caracteres contínuos

0.2534.5740.3080.2170.6240.021?0.157104.270??53.731??????????

Caracteres discretos

1011201210100001200002111010001000000000020112010001002110020111010100111103011010121100?1?000?111200?011110
 1??000?0001?0?????1?????1?????

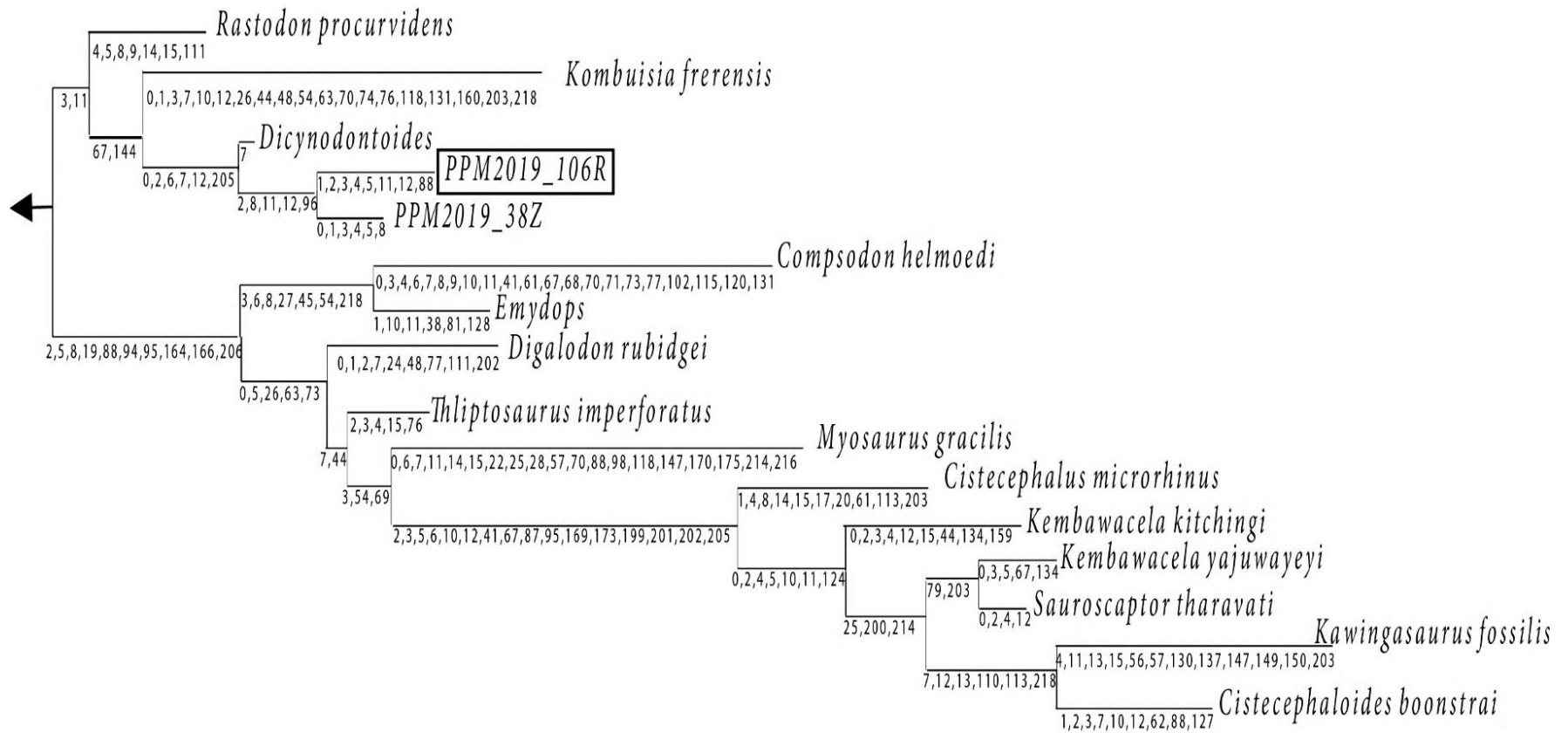


Figura 16. Resultado da análise filogenética simplificado indicando a posição filogenética do espécime PPM2019-106R.

CAPÍTULO IV: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1. Conclusão

Findo o trabalho científico, pode se concluir que:

- A preparação química não foi eficaz para remoção da matriz, porém, as técnicas de preparação mecânica e foram eficazes para a remoção da matriz com composição hematítica no espécime PPM2019-106R. Como resultado, os ossos que compõem o crânio ficaram totalmente expostos, e as suturas entre os ossos também estão claramente visíveis.
- A descrição anatômica comparativa do espécime PPM2019-106R permitiu classificá-lo como *Dicynodontoides nowacki*, espécie pertencente à família Kingoriidae. Esta classificação taxonómica é suportada pela seguinte diagnose: a superfície palatina da pré-maxila com uma depressão em forma de sulco com uma extremidade anterior arredondada, presença do processo caniniforme, placa médio-ventral do vômer relativamente larga e pós-orbitais orientados verticalmente.
- O espécime forneceu condições necessárias para codificá-lo na matriz filogenética.
- A análise filogenética confirmou o posicionamento do espécime PPM2019-106R como um kingorídeo.

4.2. Recomendações

Para futuros estudos fazem-se as seguintes recomendações:

- ✓ Reconstruir tridimensionalmente o crânio do PPM2019-106R usando os dados de CT-scan de forma a aceder às estruturas internas tais como o ouvido interno, o sistema dos nervos, o cérebro, bem como melhorar a determinação dos contactos entre os ossos.
- ✓ Recomenda-se fazer uma revisão taxonómica do género *Dicynodontoides* após o estudo detalhado do CT-scan;
- ✓ Recomenda-se também a ampliar a amostragem de fósseis no graben de Metangula com vista a se descobrir mais táxones.

Referências Bibliográficas

- 1- Angielczyk, K.D. (2007), The specimens of the Tanzania dicynodont *Cryptocynodon parringtoni* von huene, 1942 (Therapsida, Anomodontia), with an expanded analysis of Permian dicynodont phylogeny, Journal of Vertebrate Paleontology, 27:1, 116-131.
- 2- Angielczyk, K.D., Kammerer, C.F. (2017), The cranial morphology, phylogenetic position and biogeography of the upper Permian Dicynodont *Compsodon helmoedi* van hoepen (Therapsida, Anomodontia), Papers in Paleontology, pp.1-33, doi: 10.1002/spp2.1087.
- 3- Antunes, M. T. (1975), Sur Quelques Reptiles Du Karoo de Maniamba, Mocambique. Colleque International Du Centre National de la Scientifiue: Problèmes actuels de Palèontologie-évolution des vertèbrés 218, 371-378.
- 4- Araújo, R et al., (2022), Biostratigraphic refinement of tetrapod beds in the Metangula Graben (Niassa Province, Mozambique). New radiometric dating and the first tetrapod fossils from the Lower Triassic of Mozambique, <https://hdl.handle.net/10539/30352>.
- 5- Araújo, R., Macungo, Z., Fernandez V., Chindebvu, E.G., Jacobs L.L. (2022), Kembawacela yajuwayeyi n.sp., a new cistecephalid species (Dicynodontia: Emydopoidea) from the upper Permian of Malawi, Journal of African Earth Sciences doi: 10.1016/j.jafrearsci.2022.104726.
- 6- Botha, J., Angielczyk, K. D. (2007), An Integrative Approach to Distinguishing the Late Permian Dicynodont Species *Oudenodon bainii* and *Tropidosma microtrema* (Therapsida: Anomodontia), The Palaeontological Association, Vol. 50, Part 5, pp. 1175-1209.
- 7- Broom, R. (1905), On the use of them Anomodontia, records of the Albany Museum,1: pp. 266-269.
- 8- Castanhinha, R., Araújo, R., Junior, L.C., Angielczyk, K. D., Martins, G.G., Martins R.M.S., Chaouiya, C., Beckmann, F., Wilde, F. (2013), Bringing Dicynodonts back to life: paleobiology and anatomy of a new Emydopoid Genus from the upper Permian of Mozambique . PLoS ONE 8 (12): e80974. doi: 10.1371 / journal.pone.0080974.
- 9- Cluver, M. A., king, G. M., (1983), A Reassessment of the Relationships of Permian Dicynodontia (Reptilia, Therapsida) and a New Classification Dicynodonts, Department of Zoology and University Museum, oxford.

- 10- Cluver, A.M. (1974), the skull and mandible of a new Cistecephalid Dicynodont, South Africa Museum.
- 11- Cox, C.B. (1959) On the anatomy of a new Dicynodont genus with evidence of the position of the tympanum, Zoology Department.
- 12- Cox, C.B. (1972) A new digging dicynodont from the upper Permian of Tanzania, studies in vertebrate evolution.
- 13- Cox, C.B. and Angielczyk, K.D. (2015), A new Endotiodont Dicynodont (Therapsida, Anomodontia) from the Permian Ruhuhu formation (Songea group) of Tanzania and its feeding system, Journal of vertebrate paleontology.
- 14- Cumbane, K.J (2021), Descrição anatômica comparativa e identificação taxonômica de um novo dicynodonte: Dicynodon cf. Angielczyk da formação K5C do Graben de Metangula- província do Niassa, Projecto Científico, Departamento de Geologia UEM.
- 15- Dutra, Barbara Aline M. (2015), Therapsida, Dicynodontia: Aspectos Gerais e Registros Brasileiros, Curitiba, pp.12-36.
- 16- Frobisch, J., (2006), The cranial anatomy of *Kombuisia frerensis* Hotton (Synapsida, Dicynodontia) and a new phylogeny of anomodont therapsids, Zoological Journal of the Linnean Society, 150, 117-144.
- 17- Frobisch, J., Reisz, R.R. (2008), A new species of Emydops (Synapsida, Anomodontia) and a discussion of dental variability and pathology in dicynodonts, Journal of Vertebrate Paleontology, 28:3, 770-787, doi: 10.1671/0272-4633(2008)228[770 ANSOES]2.0.CO
- 18- Fröbisch, J., (2008), Global Taxonomic Diversity Anomodonts (Tetrapoda, Therapsida) and the Terrestrial Rocks Records Across the Permian-Triassic Boundary, PLoS One, 3(11), e3733.
- 19- Kammerer, C.F., Araújo, R., Cumbane, K., Macungu, Z., Smith R., Angielczyk, K.D., (2022), New material of *Dicynodon angielczyki* (Synapsida: Anomodontia) from Mozambique and Zambia with biostratigraphic implications for African Permo-Triassic basins, Journal of Vertebrate Paleontology, e2041652.
- 20- Kammerer, C.F. (2019), Revision of the Tanzanian Dicynodont *Dicynodon huenei* (Therapsida, Anomodontia) from the Permian Usili formation, PeerJ 7: e7420, doi: 10.7717/peerj.7420.

- 21- Kammerer, C.F. (2019), Revision of the Tanzanian dicynodont *Dicynodon huenei* (Therapsida, Anomodontia) from the Permian Usili formation, Peerj 7: e 7420, doi: 10.7717/peerj.7420.
- 22- Kammerer, C. F., (2009) A proposed higher taxonomy of anomodont therapsids, zoota 1-24- 2018.
- 23- Kenneth D. Angielczyk, Cristian A. Sidor, Esterling J. Nesbitt, Roger Mh Smith, e Linda A. Tsuji, (2009), taxonomic revision and new observations on the postcranial skeleton, biogeography, and biostratigraphy of the dicynodont genus dicynodontoides, the senior subjective synonym of kingoria (therapsida, anomodontia), Journal of Vertebrate Paleontology 29(4):1174–1187.
- 24- King, G.M. and Rubidge, B.S, (1992), A taxonomic revision of small dicynodonts with post canine teeth, Zoological Journal of the Linnean Society, 107: 131-154
- 25- Latimer, E.M., Gow C.E., Rubidge B.S., (1995), Dentition and Feeding niche of Endothiodon (Synapsida, Anomodontia), Paleontologia Africana 32. pp. 75-8.
- 26- Macungo, Z., Loide, I., Zunguza, S., Nhamutole, N., Maharaj, I.E.M., Mugabe, J., angielczyk, K.D., Araújo, R. (2020), Endothiodon (Therapsida, Anomodontia) specimens from the middle/late Permian of the Metangula Graben (Niassa Province, Mozambique) increase complexity to the taxonomy of the genus, Journal of African Earth Sciences 163, 103647.
- 27- Macungo, Z., Benoit J., Fernandez V., and Araújo R., (2022), X-ray microcomputed and synchrotron tomographic analysis of the basicranial axis of the basicranial axis of emydopoid dicynodonts: implications for fossoriality and phylogeny, Zoological Journal of the Linnean society, 2022, XX,1-46. With 12 figures.
- 28- Massingue, A. (2024), Primeira descoberta do Dicynodontoides em Mocambique anatomia, taxonomia e implicações filogeneticas, Projecto Científico, Departamento de Geologia UEM.
- 29- Murane, J. T. F. (2023), Osteologia de um novo dicynodonte: Daptocephalus cf. leoniceps (anomodontia: dicynodontoidea) do graben de metangula, província de Niassa (Moçambique), Projecto Científico, Departamento de Geologia UEM.

- 30- Muzazaila, M. (2021), Descrição Osteológica de um Novo Espécime de Dicynodontóide do Graben de Metangula, Província de Niassa, Projecto Científico, Departamento de Geologia UEM.
- 31- Verniers, J., Jourdan, P.P., Paulis, R.V., (1982), Relatório Final: O Karoo da Mancha de Metangula (maniamba), Brigadas Geológicas de 1977 até 1980, Direcção Nacional de Geologia, pp. 24.
- 32- Siteo, B. (2023), Descrição anatómica e análise filogenética de um crânio de *Oudenodon bainii*. novo táxon para o graben de Metangula, província do Niassa, Projecto Científico, Departamento de Geologia UEM
- 33- Verniers, J.; Jordan, P.P.; Paulis, R.V; Frasca-Spada, L., and De Brock, F.R., (1989), The Karoo Graben of Metangula Northern Mozambique, *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 9 (1), pp. 137-158.

Anexos

Anexos 1. Árvore filogenética completa



Fonte: Autora, 2023

Anexos 2. Preparação mecânica em Vista dorsal do espécime PPM2019-106-R durante e depois a preparação.



Fonte: Autora, 2023

Anexos 3. Vista ventral do PPM2019-106R, durante e depois a preparação



Fonte: Autora, 2023

Anexos 4. Ilustração do espécime PPM2019-106R em vista posterior durante e depois a preparação.



Fonte: Autora, 2023

Anexos 5. Diconodontoides espécime NHCC LB117 sul-africano usado para comparação.

