



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

SÎNTIQUE FRAGOSO ALVES

Herbivoria em *Endressinia brasiliiana* e *Cariria orbiculiconiformis*, Cretáceo Inferior,
Aptiano-Albiano, na Bacia do Araripe

FORTALEZA
2016

SÍNTIQUE FRAGOSO ALVES

Herbivoria em *Endressinia brasiliana* e *Cariria orbiculiconiformis*, Cretáceo Inferior,
Aptiano-Albiano, na Bacia do Araripe

Monografia apresentada ao Curso de
Ciências Biológicas da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharelem
Ciências Biológicas
Orientadores: Prof. Dr. Márcio Mendes e
Profa. Dr. Karen Adami Rodrigues

FORTALEZA
2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

SÍNTIQUE FRAGOSO ALVES

Herbivoria em *Endressinia brasiliana* e *Cariria orbiculiconiformis*, Cretáceo Inferior,
Aptiano-Albiano, na Bacia do Araripe.

**Monografia apresentada à
Universidade Federal do Ceará
como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas.**

Aprovado em ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Professor Orientador

Professor(a) 2º membro da banca

Professor(a) 3º membro da banca

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A482h Alves, Sintique Fragoso.
Herbivoria em *Endressinia brasiliana* e *Cariria orbiculiconiformis*, Cretássio Inferior, Alpitiano-Albiano, na Bacia de Araripe. / Sintique Fragoso Alves. – 2016.
40 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Márcio Mendes.
Coorientação: Profª. Dra. Karen Adami Rodrigues.
1. herbivoria. 2. fósseis. 3. Bacia do Araripe. I. Título.

CDD 570

Aos meus pais, isso é mais de vocês do que meu.

As coisas encobertas pertencem ao Senhor nosso Deus, porém as reveladas nos pertencem a nós e a nossos filhos para sempre. Deuteronômio 29:29

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser o Criador e sustentador da vida. Agradeço a meus pais Aurenir e João, por todo o apoio, amor e por não terem me deixado desistir da graduação, vocês são meu modelo em tudo.

Aos meus orientadores Karen Adami Rodrigues por me apresentar a esse mundo fascinante que é a paleoecologia, por responder meus e-mails desesperados até no fim de semana, e por todo o carinho e atenção, e Marcio Mendes, por me receber no seu laboratório, por ser compreensivo e realmente importar-se com seus alunos, enfim, por me orientarem com paciência, reponderem todas as minhas questões, por me ensinarem tudo o que eu sei sobre paleontologia e por fazerem toda essa trajetória de monografia a mais tranquila possível.

Aos meus amigos Irineudo, que foi como um co-orientador nesse trabalho e um dos meus maiores incentivadores, ao meu irmão Calvino e aos amigos que fui juntando ao longo do curso, à Rafaela, Ruth, Niedila, Laine, Igor, Leo, Jade, Carlos, Laura, Fernanda Belém, Ediane, Barbara, Nadija, João Pedro, Jorge, Lina, Gaby, Thuany, Júlia, Thais, Ticyane, Sandrielle, Naiana, Alexya e tantos outros, vocês são minhas flores no caminho ; a todos os professores que me instruíram ao longo desse caminho, à cada um deles devo agradecimentos por me fazerem capaz de ir um pouco mais longe.

RESUMO

O Membro Crato da Formação Santana, Bacia do Araripe, idade Aptiano-Albiano, e é reconhecida por sua riqueza e abundância de material fóssil, tanto vertebrados, invertebrados, vegetais sendo as marcas de herbivoria encontradas nos vegetais fósseis consideradas icnofósseis, que revelam pistas de como era alimentação de alguns grupos de insetos sendo esses, por sua vez, de grande importância para a paleoecologia, pois podem registrar evidências do modo de vida de alguns organismos. Foram analisadas quatro exemplares com marcas de herbivoria sendo dois de *Endresina Brasiliana* (Gimnosperma, Mohr e Bernardes-de-Oliveira, 2004) e dois de *Cariria orbiculiconiformis* (Angiosperma, Kunzmann, Mohr, Wilde, e Bernardes-de-Oliveira, 2011), de acordo com *Guide to Insect (and Other) Damage Types on Compressed Plants Fossils*. Baseado no princípio do atualismo verificou-se que os prováveis insetos causadores dos icnofósseis pertencem aos táxons Ortóptera, Lepidóptera e Hemíptera, grupos bastante presentes na paleofauna do Membro Crato.

Palavras-chave: Membro Crato, Paleoecologia, Icnofósseis, Herbivoria.

ABSTRACT

The Crato Member of the Santana Formation, Araripe Basin, age Alpitiano-Albiano, is recognized for its richness and abundance of fossil material, both vertebrates, invertebrates, plants and ichnofossils, the latter being of great importance for paleoecology, since they can record evidence of the lifestyle of some organisms. The herbivory marks found in fossil plants are considered to be ichnofossils, which reveal clues as to how some groups of insects fed. Four specimens with herbivory marks were analyzed, two of *Endressinia Brasiliana* (Gymnosperm, Mohr e Bernardes-de-Oliveira, 2004) and two of *Cariria orbiculiconiformis* (Angiosperm, Kunzmann, Mohr, Wilde, e Bernardes-de-Oliveira, 2011), according to Guide to Insect (and Other) Damage Types on Compressed Plants Fossils. Based on the principle of actualism, it was verified that the most likely insects that caused the ichnofossils belong to the Orthoptera, Lepidoptera and Hemíptera taxa, groups that are quite present in the paleofauna of the Crato Member.

Key words: Member Crato, Paleoecologia, Icnofósseis, Herbivoria.

SUMÁRIO DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: INTERAÇÕES ENTRE ARTRÓPODES E PLANTAS QUE POSSUEM EVIDÊNCIAS NO REGISTRO FÓSSIL.....	13
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO E UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA BACIA DO ARARIPE	17
FIGURA 3 - CARTA CRONOESTRATIGRÁFICA.....	20
FIGURA 4:PRINCIPAIS TIPOS DE HERBIVORIA.....	22
FIGURA 5: O REGISTRO GEOLÓGICO DE TIPOS DE HERBIVORIA.....	23
FIGURA 6- MARCAS DE HERBIVORIA ATUAL.....	29
Figura 7 - fóssil de <i>Endressinia brasiliiana</i> , CRT 944.....	30
Figura 8 - fóssil de <i>Endressinia brasiliiana</i> com marca de herbivoria, CRT 1686	31
Figura 9 - fóssil de <i>Cariria orbiculiconiformis</i> . CRT 1098	32
Figura 10 - fóssil de <i>Cariria orbiculiconiformis</i> CRT1092	33
FIGURA 11- DESENHO ESQUEMÁTICO DE FOSSIL DE <i>ENDRESSINIA BRASILIANA</i> , CRT944 ESCALA DE 1CM	34
FIGURA 12- DESENHO ESQUEMÁTICO DE FÓSSIL DE <i>ENDRESSINIA BRASILIANA</i> , ESCALA DE 1CM.CRT 1686.	35
Figura 13 - Desenho esquemático de fóssil de <i>Cariria orbiculiconiformis</i> , escala de 1cm. CRT 1098	36
FIGURA 14 - DESENHO ESQUEMÁTICO DE FÓSSIL DE <i>CARIRIA ORBICULICONIFORMIS</i> ,	37
Figura 15 – desenho esquemático de fóssil de <i>Cariria orbiculiconiformis</i> ,_escala de 1cm .CRT 1092	37
Figura 16 - desenho esquemático de fóssil de <i>Cariria orbiculiconiformis</i> , escala de 1cm. CRT 1092	38

SUMÁRIO DE TABELAS E GRAFICOS

TABELA 1- DESCRIÇÃO DAS INTERAÇÕES	14
TABELA 2: CARACTERÍSTICAS SALIENTES DE QUATRO FASES PRINCIPAIS DA EXPANSÃO DO HERBÍVORO. (EXCLUINDO PALYNÍVOROS E NECTARÍVOROS)	20
TABELA 3- TIPOS DE INTERAÇÕES E SUAS DESCRIÇÕES.....	24
GRAFICO 1. DIAGRAMA COM NÚMEROS DE EXEMPLARES DE CADA TÁXON DE INSETOS FÓSSEIS DO MEMBRO CRATO DA FORMAÇÃO SANTANA, TOMBADOS NO ACERVO DE PALEONTOLOGIA DA UFC.....	28
GRAFICO 2: PORCENTAGEM RELATIVA DOS INSETOS FÓSSEIS DO MEMBRO CRATO DA FORMAÇÃO SANTANA, TOMBADOS NO ACERVO DE PALEONTOLOGIA DA UFC.....	28

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
Objetivos gerais	13
Objetivos específicos	13
MATERIAIS E METODOS	14
CONTEXTO GEOLÓGICO	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
BIBLIOGRAFIA	39

INTRODUÇÃO

A associação inseto-planta pode ser considerada uma das mais vantajosas durante a história da evolução, sendo isto provado pela grande diversidade taxonômica e riqueza ecológica que ambos apresentam no registro fóssil (LABANDEIRA, 2006).

A associação inseto-planta pode ser considerada uma das mais vantajosas ao longo da história da evolução. Prova disso é a grande diversidade taxonômica e riqueza ecológica que ambos apresentam no registro fóssil (LABANDEIRA, 2006).

A grande importância do registro fóssil nas associações inseto-planta são as evidências paleobiológicas para as cadeias alimentares, comunidades e ecossistemas de seus determinados períodos (op. cit.).

A ecologia da associação inseto-planta no registro fóssil pode ser estudada em forma descritiva ou em quatro frentes: estudos envolvendo uma única planta hospedeira e um inseto associado, podendo haver uma ou mais interações; estudo de uma única marca de herbivoria como, por exemplo, minas, em várias plantas hospedeiras; e um gênero ou espécie de inseto herbívoro ou o oposto, um gênero ou espécie de planta hospedeira e vários insetos herbívoros; e por fim, exame qualitativo de toda uma flora e todas as interações existentes (op. cit.), com uma abordagem descritiva de viés paleoecológico de associação com artrópodes presentes no mesmo período e local.

Apesar de ser uma área em expansão na paleontologia, a interação inseto-planta já foi por muito tempo ignorada por paleoecologistas (ADAMI-RODRIGUES et al., 2004) (HORN; RODRIGUES; ANZÓTEGUI, 2011) (SCOTT; STEPHESON; CHALONER, 1992).

Atualmente, à luz da abundância de espécimes fósseis que demonstram essas relações, como os do Chile (GNAEDINGER; ADAMI-RODRIGUES; GALLEGO, 2014) e a Bacia do Araripe, da qual provêm os fósseis que foram estudados.

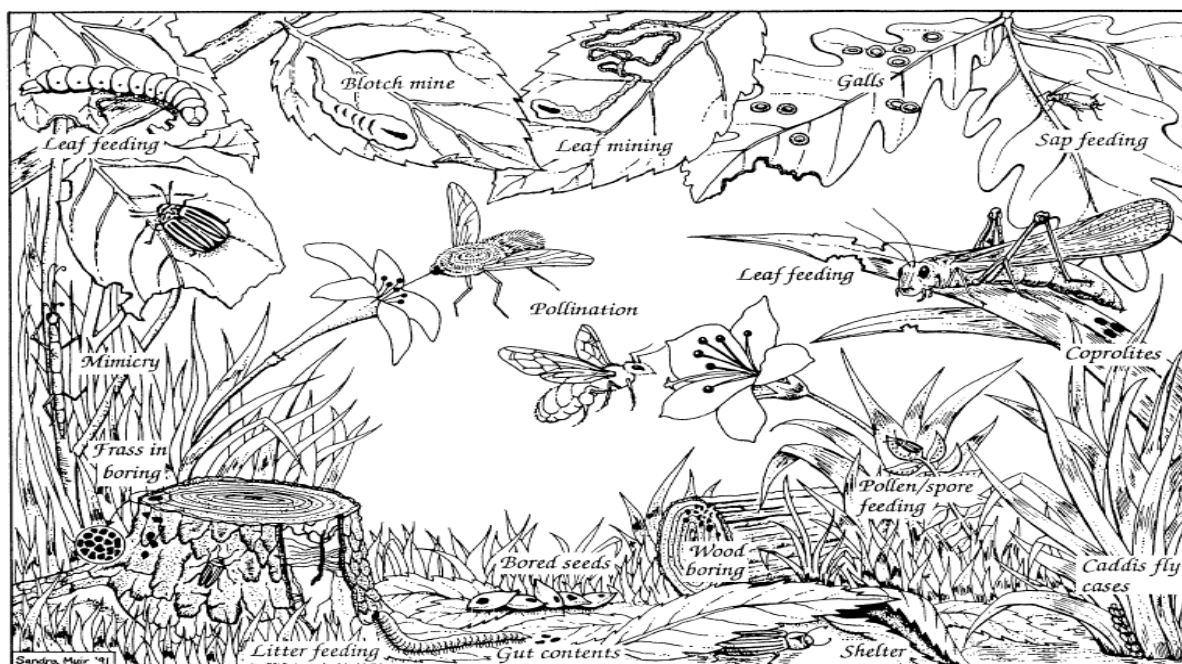
A Bacia do Araripe possui extensão de aproximadamente 9.000 km². Está localizada entre os estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. Datada como cretácea, mais especificamente na idade Aptiano–Albiano em torno de 112ma (NEUMANN, 1999), é conhecida, também, como uma das maiores jazidas do Brasil, seja no

quesito de abundancia, como na diversidade de fósseis, peixes, pterossauros, além de plantas e insetos.

Os insetos fósseis encontrados na Bacia do Araripe são de várias ordens, entre eles Ortóptera, Hemíptera, Homóptera, Díptera e Lepidóptera. Nos mesmos níveis onde são prospectados os insetos fósseis se registra uma variedade de macrofitofósseis, tais como: Licofitas, Esfenofitas, Angiospermas e Gimnospermas sendo estas ultimas as mais abundantes no registro fóssil dessa Bacia (LIMA; SARAIVA; SAYÃO, 2012).

Neste trabalho, foram estudados quatro exemplares de macrofitofósseis, sendo dois representantes de gimnospermas e dois de angiospermas, nos quais foram observados danos por herbivoria. A identificação dos danos foi baseada na comparação dos espécimes com o *Guide to Insect (and Other) Damage Types on Compressed Plants Fossils* (LABANDEIRA et al., 2007).

FIGURA 1: INTERAÇÃO ENTRE ARTRÓPODES E PLANTAS QUE POSSUEM EVIDENCIA NO REGISTRO FÓSSIL



.FONTE: SCOTT ET AL. 1992.

1.2 Objetivos Gerais

Analisar as evidências das interações inseto-planta em exemplares de fósseis de plantas depositados no acervo paleontológico da Universidade Federal do Ceará.

1.3 Objetivos Específicos

Identificar os tipos de herbivoria nas espécies de *Endressinia brasiliana* e *Cariria orbiculiconiformis* depositados no acervo paleontológico da UFC utilizando *Guide to Insect (and Other) Damage Types on Compressed Plants Fossils*.

Comparar com os táxons de insetos fósseis coletados na mesma formação geológica (Membro Crato) que se encontram depositados na coleção do acervo paleontológico da UFC, para verificar possíveis autores aos danos encontrados.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de rocha contendo macrofitofósseis analisadas neste trabalho são provenientes da Formação Santana, Membro Crato, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe e foram doadas ao acervo Paleontológico da UFC de onde foram retiradas para estudo.

Foram analisadas quatro amostras da coleção reserva técnica (CRT 944, CRT 1686, CRT1098 e CRT 1092) contendo espécimes de macrofitofósseis, onde se registram danos causados por insetos, sendo duas identificadas como gimnospermas e duas como angiospermas.

Os macrofitofósseis foram registrados em calcário laminado e preservados por substituição. As amostras estudadas estão depositadas no acervo paleontológico do Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Os tipos de danos nos macrofitofósseis foram interpretados utilizando os critérios de Beck e Labandeira (1998) e o *Guide to Insect(and Other) Damage Types on Compressed Plants Fossils* (LABANDEIRA et al., 2007) que classifica os danos em DTs (Damage Types) .

Tabela 1- descrição das interações, DTs, segundo *Guide to Insect(and Other) Damage Types on Compressed Plants Fossils* (LABANDEIRA et al., 2007)

Buracos de alimentação "hole feeding"	DT 03	Herbivoria em formato pololobado de 1 ha 5 mm de diametro
Herbivoria de margem foliar	DT 12	Herbivoria de margem foliar com formato circular, superficial aprofundando-se apartir da margem da folha, com angulo menor que 180 ⁰ .
Herbivoria de margem foliar	DT13	Excisão de ápice foliar incluindo a venação primária.
Herbivoria de margem foliar	DT 14	Excisão do limbo foliar até a venação principal.
Herbivoria de margem foliar	DT 15	Uma excisão que se aprofunda em direçãoa venação primária
Perfuração e sucção	DT 46	Perfurações circulares com menos de 2 mm de diâmetro, com uma depressão central.

Herbivoria de DT² 81
margem foliar

Incisão quase que perfeitamente circular com ângulo maior que 120⁰ de arco, podendo ir de excisões pontiagudas a um buraco.

Fonte: Autor

As análise e identificação dos danos causados por inseto e classificados por DTs foram realizados em estereomicroscópio trinocular Olympus C011 e fotografados por câmera Canon SX50H Full HD 50x. Posteriormente foram desenhados em câmara clara, Jena, e as imagens processadas em Coreodraw X8.

Cariri-, esta é afossilífera e constituída por arenitos imaturos, de granulação média a muito grossa, com grãos angulares a subangulares, interpretados como fácies de sistemas fluviais entrelaçados (ASSINE, 2007).

Destaca-se que a sequência Pré-Rifte possui idade jurássica e é composta pelas formações Brejo Santo e Missão Velha, a formação Brejo Santo que se caracteriza pela presença de folhelhos e argilitos bem estratificados de cor vermelha a marrom, e de arenitos calcíferos esverdeados (FAMBRINI et al., 2013). Por outro lado, a Formação Missão Velha se sobrepõe concordantemente com a formação Brejo Santo, e é constituída por arenitos quartzosos, por vezes feldspáticos e/ou caolínicos, localmente conglomeráticos, portadores de abundantes troncos e fragmentos de madeira silicificada, atribuídos à conífera *Dadoxylon benderi*, tendo sua espessura máxima cerca de 200m (ASSINE, 2007).

Cabe destacar que a sequência Pré-Rifte é caracterizada como período de subsidência mecânica (ASSINE, 2007) responsável pela fragmentação do Gondwana. Ela corresponde à Formação Abaiara, sendo esta caracterizada pelo registro fossilífero escasso e esparsos e contato basal com a Formação Missão Velha caracterizado como discordante devido a ausência de ostracodes (COIMBRA; ARAI; CARRENO, 2002). Além do que a sequência Rifte apresenta significativa variação faciológica lateral e vertical, caracterizando sedimentação sob intensa influência tectônica (ASSINE, 2007)

Tem-se que a sequência Pós-Rifte I, constituída pelas formações Barbalha e Santana, assenta-se em discordância angular da sequência Rifte, de idade neoptiana-eoalbiã, registrando o advento de subsidência flexural térmica na Bacia do Araripe (ASSINE, 2007).

Já a Formação Barbalha possui o predomínio de arenitos com intercalações de folhelhos de coloração avermelhada e de níveis delgados de conglomerados, compreendendo dois ciclos fluviais com granodecrescência ascendente (CHAGAS 2006).

Enquanto que a sequência Pós-Rifte II é composta de duas unidades com características litológicas distintas, separadas por discordância erosiva, sendo elas as Formação Araripina e Formação Exu (ASSINE, 2007).

A Formação Araripina constituída fundamentalmente de argilitos e arenitos argilosos com cores variando do roxo ao amarelo, com estratificações cruzadas

(PONTE e PONTE FILHO 1996). Já a Formação Exu é formada essencialmente por arenitos grossos e argilosos, intercalados com níveis de arenitos conglomeráticos, com cores variando entre o roxo e o amarelo (PONTE e PONTE FILHO 1996).

A Formação Santana constitui um sistema lacustre-evaporítico e marinho, sendo constituída por três membros: Crato, Ipubi e Romualdo.

O Membro Crato constitui um sistema lacustre carbonático de idade Aptiano-Albiano, é composta por uma repetição, às vezes não completa, de arenitos finos a médios de origem flúvio-deltaica, com rochas silico-argilosas a margosas das margens lacustres, onde na posição interna encontram-se rochas carbonáticas (SILVA, 2003). Esta unidade possui seis lentes carbonáticas nomeadas de C1 à C6 por Neumann (1999), separadas entre si por arenitos, siltitos e folhelhos.

Nessas camadas carbonáticas encontram-se o registro fóssil desse membro, sendo um dos mais abundantes e diversificados do mundo, representado por crustáceos, insetos, peixes, quelônios, crocodilomorfos, pterossauros, dinossauros e vegetais (MAISEY, 1991). A flora do membro Crato é rica e contém tanto caules, folhas, sementes, frutos, raízes e flores muitas vezes em conexão orgânica, tornando-se assim um importante registro para a província paleotropical árida, além de ser um “Konservat-Lagerstätte” tanto pela preservação como pela diversidade (SUCERQUIA RENDON, 2006).

O Membro Ipubi é constituído por corpos descontínuos de gipsita e anidrita intercaladas com folhelhos pretos, representando as fáceis evaporíticas do sistema lacustre Aptiano-Albiano. A deposição desta unidade se deu em um sistema costeiro de supramaré em condições de clima árido a semiárido (ASSINE, 2007).

O Membro Romualdo possui na sua base arenitos interestratificados com folhelhos (CHAGAS, 2006). Para o topo, o empilhamento é transgressivo e os arenitos costeiros cedem lugar a uma seção de folhelhos verdes, ricos em ostracodes (ASSINE, 2007). Também é reconhecido mundialmente pelo abundante registro fossilífero.

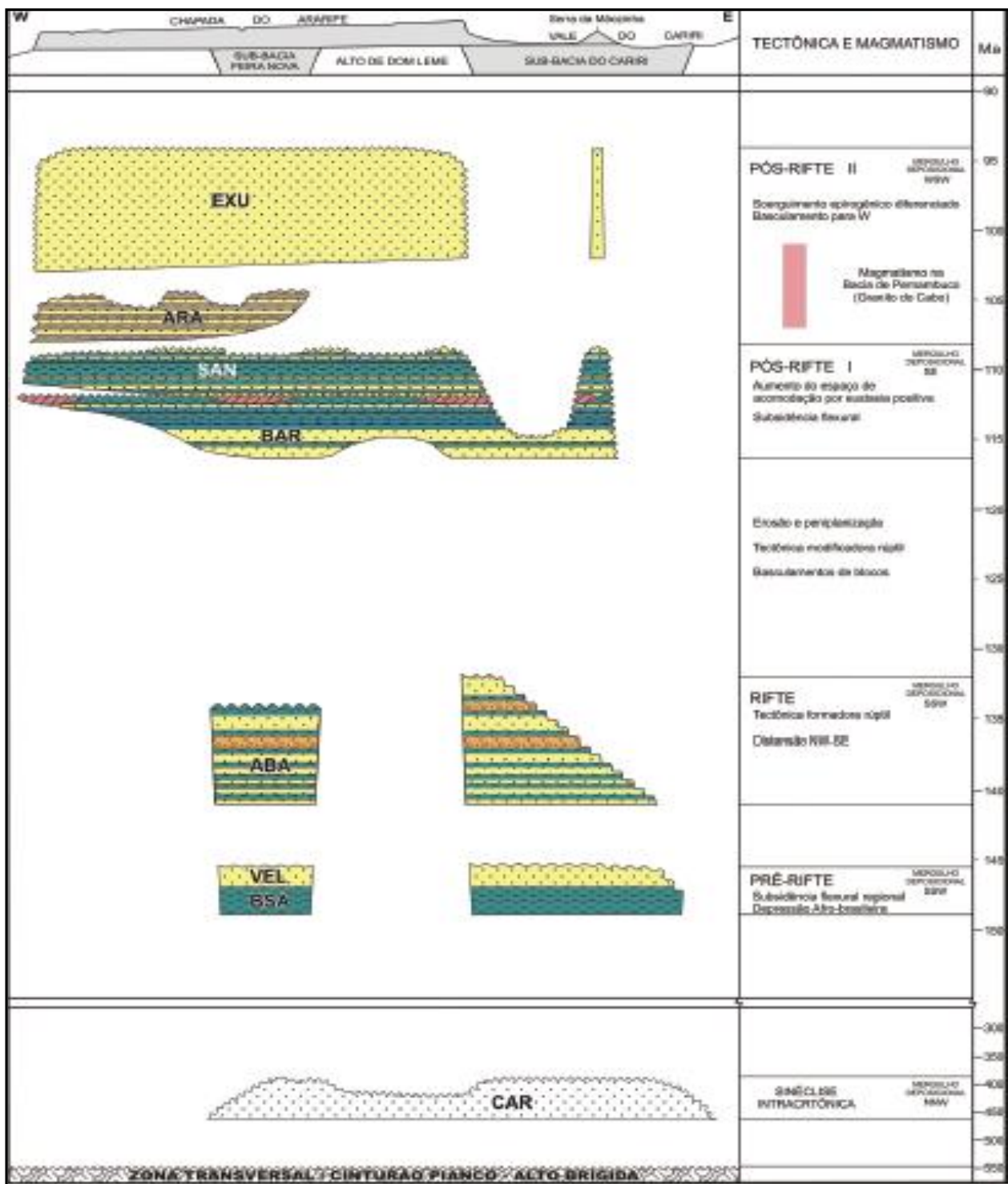


FIGURA 3 - CARTA CRONOESTRATIGRÁFICA.
 FONTE: (ASSINE, 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evidência de predação de plantas por artrópodes tem sido amplo no registro do Devoniano até a atualidade, sendo as principais evidências de interação folhas predadas, presença de minas (tuneis feitos por insetos no interior da folha) e perfurações (SCOTT; STEPHESON; CHALONER, 1992).

Para Labandeira (2006), a expansão dos insetos herbívoros estaria dividida em quatro eventos o primeiro sendo Siluriano Superior até o Carbonífero Médio, o segundo do Carbonífero Médio até o Permo-Triássico, o terceiro do Triásico médio até o recente e o quarto da metade do Cretáceo Inferior até o recente. (Tabela 2)

Tabela 2: Características salientes de quatro fases principais da expansão do herbívoro. (Excluindo palynívoros e nectarívoros)

Fase de expansão de herbívoros, intervalo e duração.	Principais clados de plantas hospedeiras	Principais clados de artrópodes herbívoros	Primeiras biotas emblemáticas
420-360 mt (~60ma)	Protraqueófitos, Trimerófitos, Rhyniopsida, Lícitos, Zosterófilos, Pteridófitas, Prototaxales.	Miriápodes, Apterigota	Rhynie
335-251 mt (~85ma)	Pteridófitas, Caules, Espermatófitas.	Miriápodes, Apterigota, Acaros, paleo dictyopteroids, pró-ortópterideos	Calhoun
245 mt- presente (~245ma)	Pteridofitas, Caules de espermatófitas	Acaros, Ortóptera, Hemíptera, Clados primitivos ou plesiomórficos de holometábolos	Molteno
115 mt –presente (~115ma)	Angiospermas, (coníferas) (pteridospermas)	Ortóptera, Hemíptera, Clados recentes ou apomórficos de holometábolos.	Dakota

Fonte: Labandeira (2006). Editado¹

¹ Mt: milhões de anos atrás. / ma: milhões de anos

Também, segundo Labandeira (op. cit.), existem sete grupos funcionais de herbivoria entre plantas e artrópodes sendo estes: herbivoria de margem foliar, perfuração e sucção, perfurações em madeira, minas, galhas, predação de semente e ovoposição sendo similar ao defendido por Scott, Stepheson e Chaloner, entretanto estes últimos classificam os tipos de herbivoria mais comuns em cada tempo geológico. (1992). (Figura 4)

Na tabela 2 podemos ver que sendo os fósseis estudados, são de idade Aptiano-Albiano durante o Cretáceo Inferior, portanto encontram na última expansão, a qual se caracteriza pela expansão das angiospermas e a predominância de seus herbívoros associados, possuindo os sete grupos de herbivoria, 262 associações de 89 biotas entre cinco milhões de anos de intervalo, e os principais grupos de artrópodes herbívoros nessa expansão eram: os Ortopterídeos (Ortoptera e Phastadodea), Hemípteros, especialmente Sternorrhyncha e Heteroptera, e os holometábolos (Polyphaga, Formicidae, Apoidea, Ditrysia, Cyclorrhapha). (LABANDEIRA, 2006). O que corrobora a hipótese de que esses insetos poderiam ser os autores dos danos apresentados no material desse estudo.

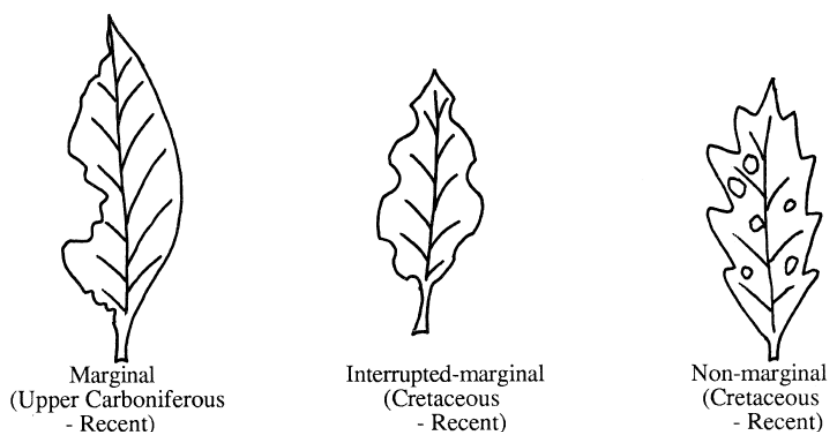


FIGURA 4: PRINCIPAIS TIPOS DE HERBIVORIA

FONTE: (SCOTT; STEPHESON; CHALONER, 1992)

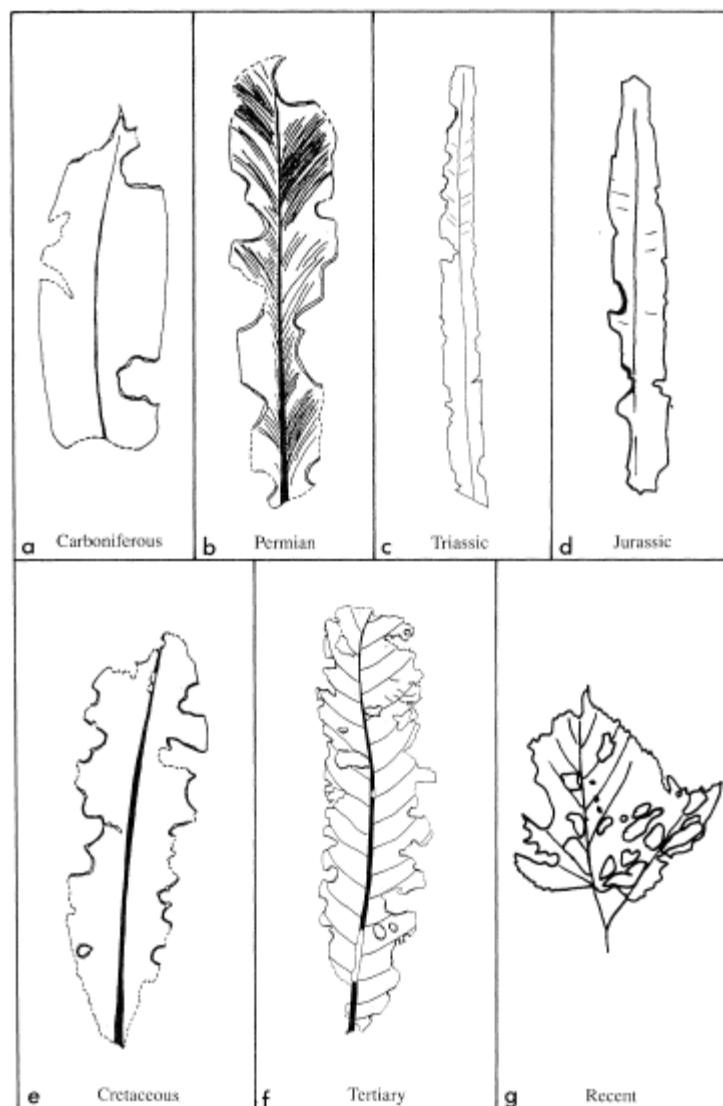


FIGURA 5: O REGISTRO GEOLÓGICO DE TIPOS DE HERBIVORIA.
 FONTE: (SCOTT; STEPHESON; CHALONER, 1992)

O principal meio para o reconhecimento de que uma planta fóssil sofreu herbivoria, enquanto o tecido ainda era vivo, é pela observação do tecido de reação no entorno da marca, e a indicação de quem seriam os agentes desse dano apenas por comparação do dano com a sua anatomia e especialmente mandíbulas e maxilas (SCOTT; STEPHESON; CHALONER, 1992)

O tecido de reação se forma pela produção de substâncias químicas pela planta para a sua proteção (RIBEIRO; FERNANDES, 2000), há uma grande discussão se esses compostos seriam produzidos por indução quando há injúria do

tecido vegetal ou se seriam produzido devido há estresses ambientais ou climáticos. Algumas pesquisas tem mostrado que planta que sofrem mais herbivoria, atualmente, apresentam maior produção desses compostos, corroborando assim para a hipótese de que esses compostos teriam sido produzidos no curso da coevolução inseto-planta para evitar a predação dos tecidos vegetais. (ADINI et al., 2004).

Esses compostos produzidos pelas plantas podem ser divididos em constitutivos, que são produzidos o tempo todo durante a vida da planta e podem acumular-se em tecidos mais antigos, ou de reação quando são produzidos especificamente quando o tecido é atacado (RIBEIRO; FERNANDES, 2000). As marcas escuras nas bordas dos fósseis são as marcas desse tecido de reação e são elas que diferenciam marcas de herbivoria de marcas taxonômicas nos fósseis.

Co-evolução com os insetos com angiospermas é notável especialmente em relação à polinização, mas também para herbivoria, sendo a herbivoria de grande influencia para, fecundidade, sobrevivência e diversidade vegetal, sendo essas interações, atuais, muito provavelmente semelhantes as que aconteciam durante o cretáceo (GRIMALDI; ENGEL, 2005)

O material descrito nesse trabalho se encontra classificado dentro de três categorias, herbivoria de margem foliar e perfuração e sucção e Buracos de alimentação “hole feeding”, sendo a tabela 3 formada pelas classificações de cada tipo de dano e em qual amostra é encontrado, a espécie e onde está depositado na Coleção Reserva Técnica do Acervo Paleontológico da UFC, as imagens do material que levou a tabela a seguir estão no anexo 1.

Tabela 3- Tipos de interações encontradas em cada uma das amostras

Tipos de interação	DTs “Guide to Insect (and Other) Damage Types on Compressed Plant Fossils” (LABANDEIRA et al., 2007)	Espécie vegetal	Número de tombo Deposito
Herbivoria de margem foliar	DT 13	<i>Cariria orbiculiconiformis</i>	CRT1092.Lab.Paleontologia, UFC acervo interno.
Herbivoria de margem foliar	DT 13	<i>Cariria orbiculiconiformis</i>	CRT1098. laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno
Herbivoria de margem foliar	DT 13	<i>Endressinia brasiliiana</i>	CRT944, laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno
Herbivoria de margem foliar	DT 12	<i>Cariria orbiculiconiformis</i>	CRT1092. laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno.
Herbivoria de margem foliar	DT 12	<i>Cariria orbiculiconiformis</i>	CRT1098. laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno
Herbivoria de margem foliar	DT 12	<i>Endressinia brasiliiana</i>	CRT944, laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno
Herbivoria de margem foliar	DT81	<i>Cariria orbiculiconiformis</i>	CRT1098. laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno
Herbivoria de margem foliar	DT15	<i>Cariria orbiculiconiformis</i>	CRT1092. laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno.
Buracos de alimentação “hole feeding”	DT 03	<i>Cariria orbiculiconiformis</i>	CRT1092. laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno.
Herbivoria de margem foliar	DT 14	<i>Endressinia brasiliiana</i>	CRT944, laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno
Perfuração e sucção	DT 46	<i>Endressinia brasiliiana</i>	CRT1686, laboratório de Paleontologia, UFC, acervo interno

Fonte: Autor.

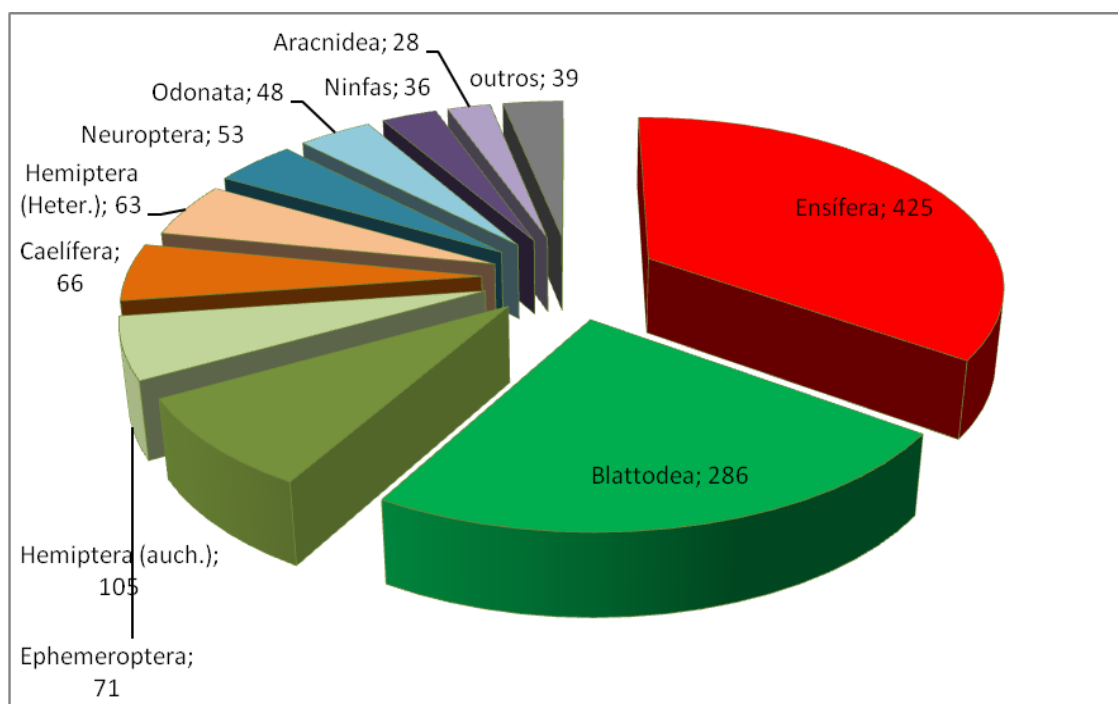
Levando em consideração que tanto os fósseis de insetos como os de plantas são encontrados nos mesmo níveis estratigráficos e a paleoentomofauna do Membro Crato da Formação Santana ser conhecida mundialmente pela sua diversidade, abundância, pelo tipo de preservação e condições de fossilização, o que permite inclui-lo como *Fossilagerstätte*, é provável coexistência desses organismos no mesmo tempo e espaço, assim é viável inferir que haveria herbivoria desses vegetais.

O acervo paleontológico do Departamento de Geologia da UFC possui até o momento um total de 1220 exemplares de insetos fósseis tombados, somente para o Membro Crato. É considerado uma das três coleções mais importantes do Brasil. Estão presentes cerca de 10 táxons, porém em outros acervos este número é bem maior. Os insetos fósseis estão agrupados nos seguintes táxons; Ortopteromorfos (Ensifera, Caelifera e Blattodea) , Hemiptera (Auchenorrhyncha e Heteroptera), Ephemeroptera, Neuroptera, Odonata, Isoptera , Diptera, Coleoptera e Dermaptera.

Com o levantamento de quais espécies de insetos estariam presentes no Acervo se tem como objetivo observar possíveis autores para os danos nas plantas fósseis aqui apresentadas. (Gráfico 1 e 2)

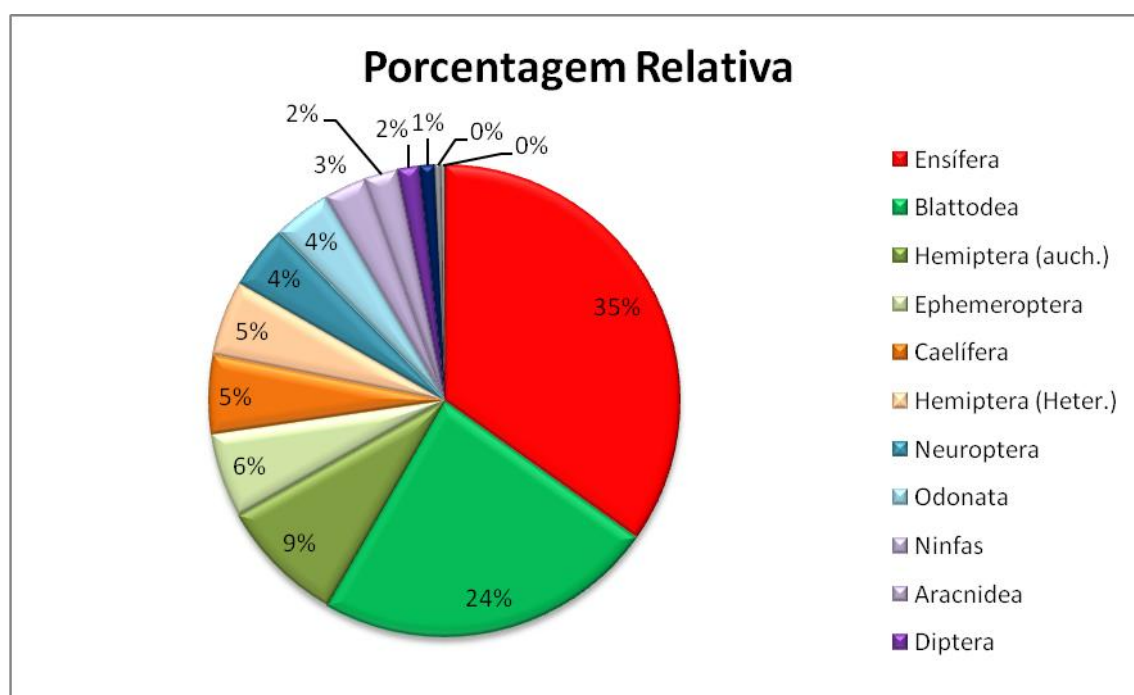
De acordo com os gráficos (Graf 2 e 3), observa-se um predomínio dos Ortopteromorfos e Hemiptera. Esta predominância aponta para um Bioma do tipo Savana, que vem de encontro com a interpretação da paleoflora, além de concordar com hipótese de que os agentes dos danos estariam presentes como Ortopteromorfos e Hemípteras.

GRAFICO 1. DIAGRAMA COM NÚMEROS DE EXEMPLARES DE CADA TÁXON DE INSETOS FÓSSEIS DO MEMBRO CRATO DA FORMAÇÃO SANTANA, TOMBADOS NO ACERVO DE PALEONTOLOGIA DA UFC.



FONTE: AUTOR

GRAFICO 2: PORCENTAGEM RELATIVA DOS INSETOS FÓSSEIS DO MEMBRO CRATO DA FORMAÇÃO SANTANA, TOMBADOS NO ACERVO DE PALEONTOLOGIA DA UFC.



FONTE: AUTOR

Os Ortopteromorfos (grilos, gafanhotos e baratas) se caracterizam por possuir um aparelho bucal do tipo mastigador e de hábito herbívoro ou detritívoro entre outros. Já os Hemiptera (percevejos, cigarras e afins) apresentam um aparelho bucal tipo picador/sugador podendo ser fitófago ou predador.

Atualmente observa-se que os insetos possuem uma ampla variedade de métodos de obter alimento, os insetos mastigadores possuem mandíbulas com “dentes” que arrancam e maceram partes da planta como as ordem Lepidóptera(traças e borboletas) e Ortóptera(gafanhotos), outros por sua vez não retiram pedaços da planta mas sugam fluidos e possuem partes bucais especializadas para isso como os Hemípteras (Walter,2011). Outros insetos ainda utilizam as folhas como locais de ovoposição providenciando assim tanto proteção como nutrição para as suas larvas (Walters,2011).

Em relação ao tipo e formato de dano que pudesse indicar qual seria o agente mais provável dos danos nos fosseis encontrados, seria comparando com uma tabela de danos em folhas atuais feita por Neto, J Rodrigues Fontenelle , Ribeiro e Martins, 2011, mostrando que tanto Lepidópteras como Ortópteras podem ter casado os danos de margem foliar e interior de limbo (hole feeding). (Figura 6)

Já as marcas de perfuração e sucção foram provenientes provavelmente de um hemíptero, similar ao encontrado em meio às folhas do mesmo espécime.

A Figura 6 traz o desenho esquemático mostrando marcas de herbivoria e seus causadores, sendo 1 danos causados por *Antichloris eriphia*, 2 causados por *Microlepidoptera* sp. 1, 3 causado por *Hesperiidae*, 4 causado por *Opisphanes invirae*, 5 causado por *Eucleidae* sp. 1, e 6 causado por Orthoptera.

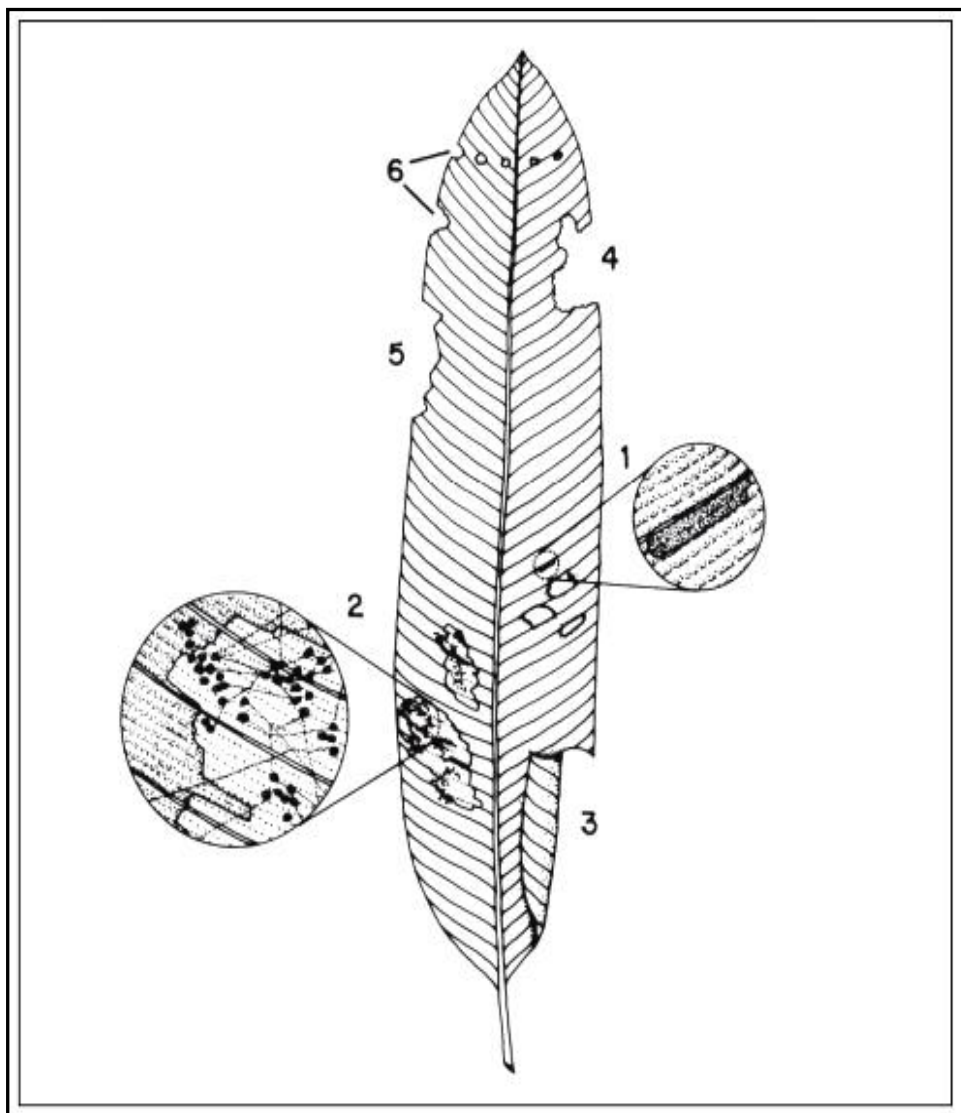
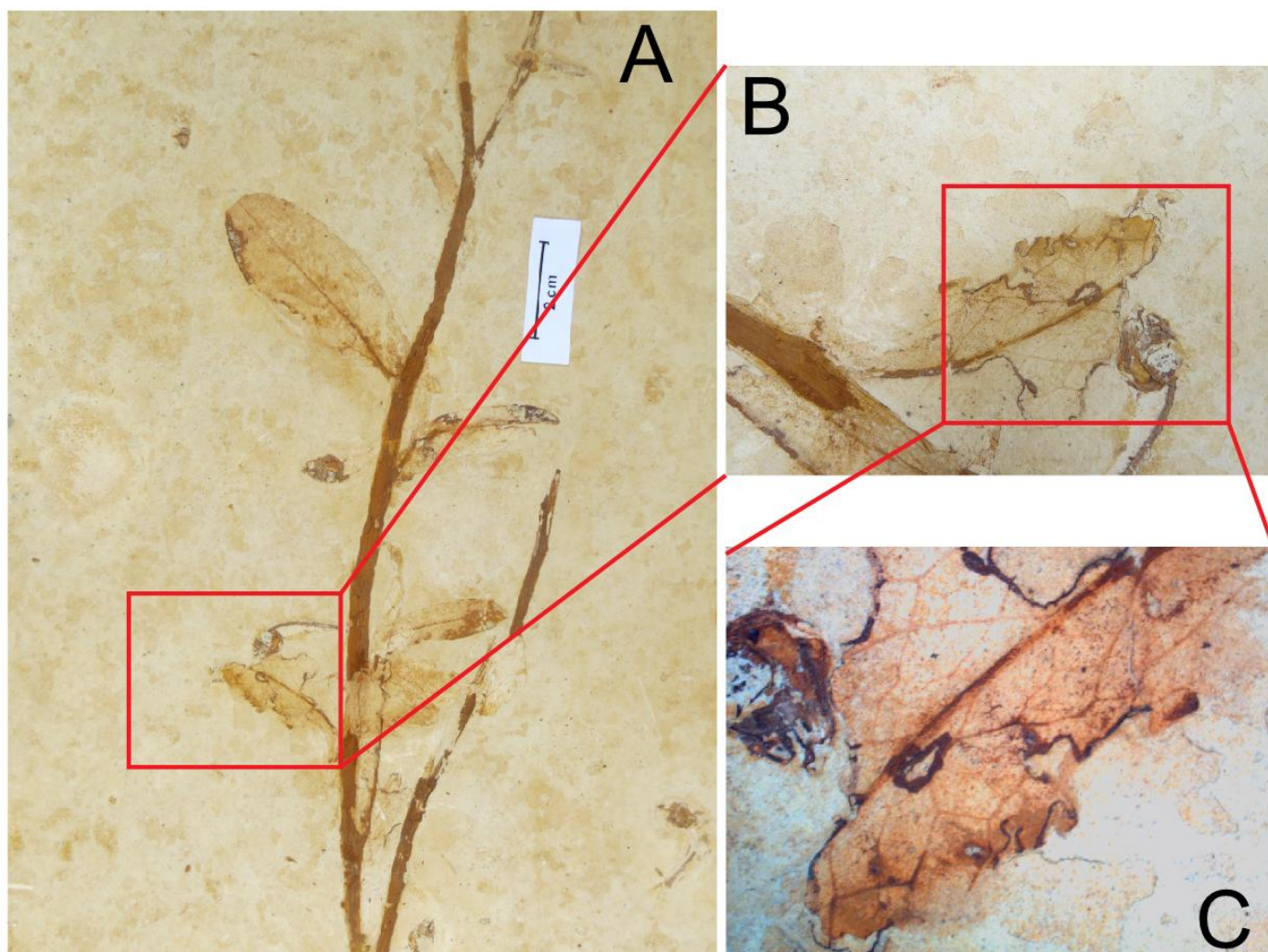


FIGURA 6- MARCAS DE HERBIVORIA ATUAL.

FONTE :CARVALHO-NETO,2011.

A figura 7 mostra o folha herbivorizada no fóssil com detalhe mostrando herbivoria de borda chegando à venação primária em (B) e aumento em (C) presença de DT 03. DT 14, DT 13. DT12 E DT 81 EM C.

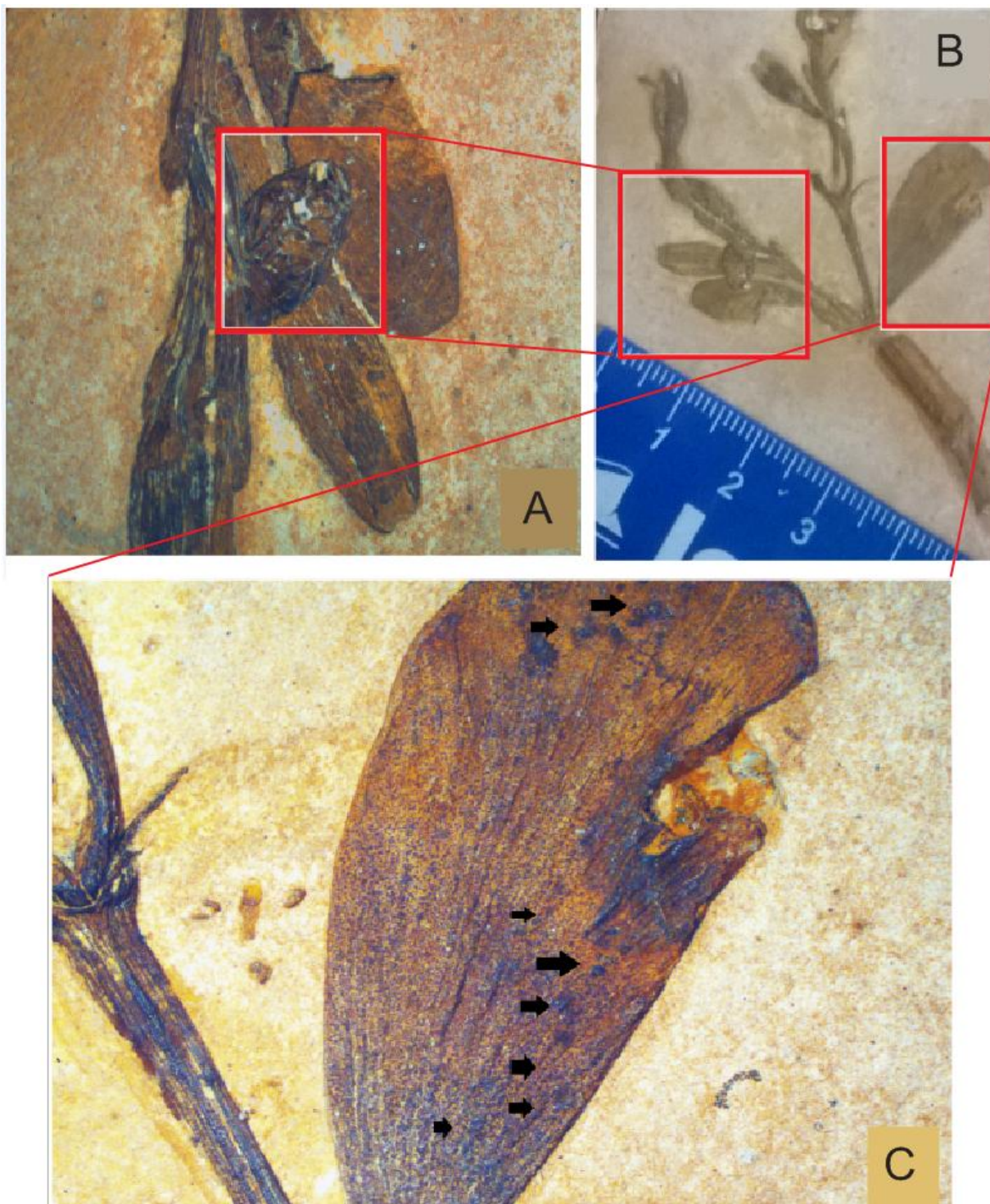
Figura 7 - fóssil de *Endressinia brasiliana*, CRT 944



FONTE: AUTOR

A Figura 8 mostra detalhadamente as marcas de perfuração e sucção na folha (C) DT 46 e a presença do inseto hemíptera entre as folhas (A).

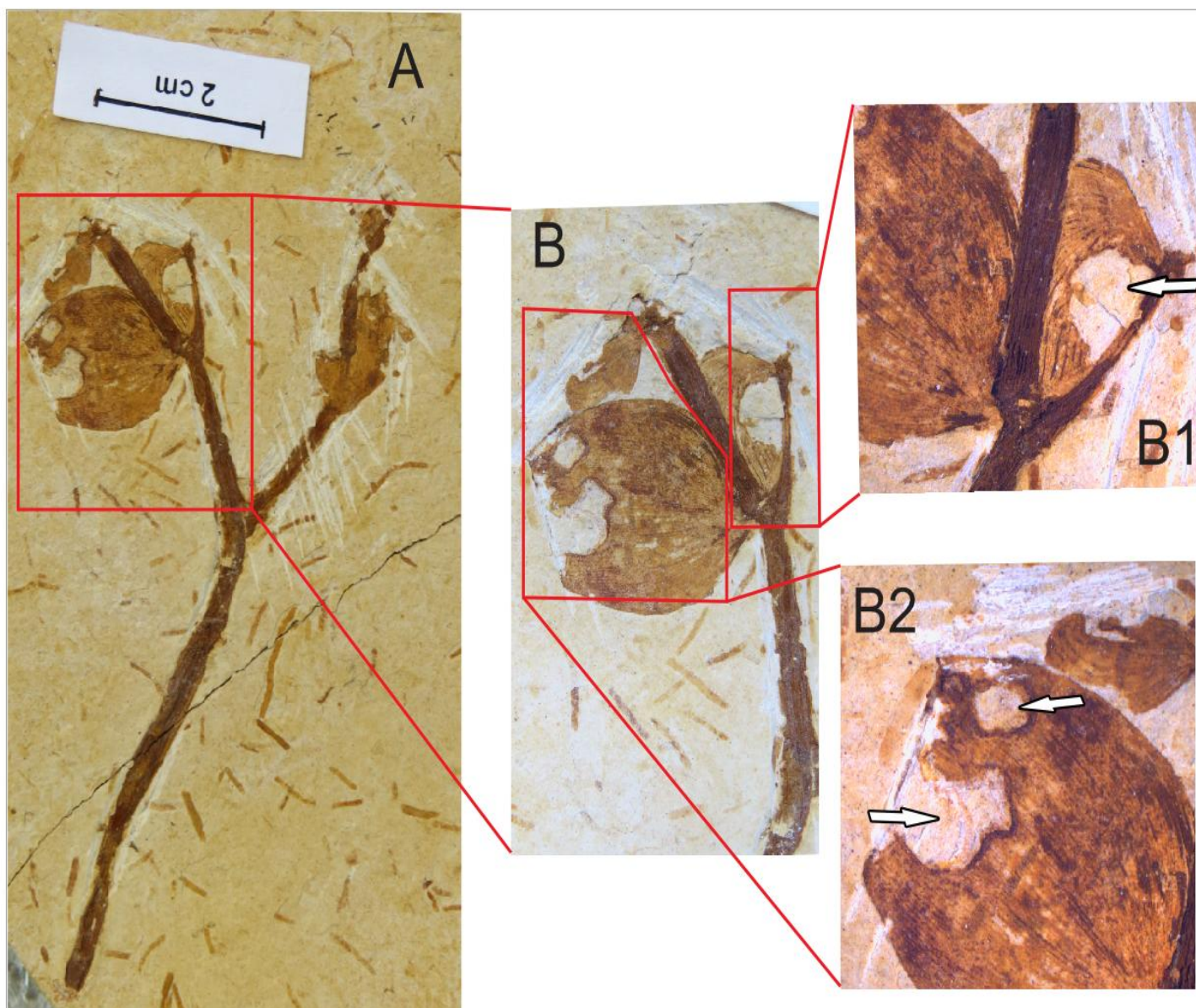
Figura 8 - fóssil de *Endressinia brasiliana* com marca de herbivoria, CRT 1686



FONTE: AUTOR

A Figura 9 do fóssil (A) mostra detalhadamente folha onde há herbivoria de borda (B) (B1)(B2). Detalhe de folha herbivorizada DT 13, DT 81(B2).

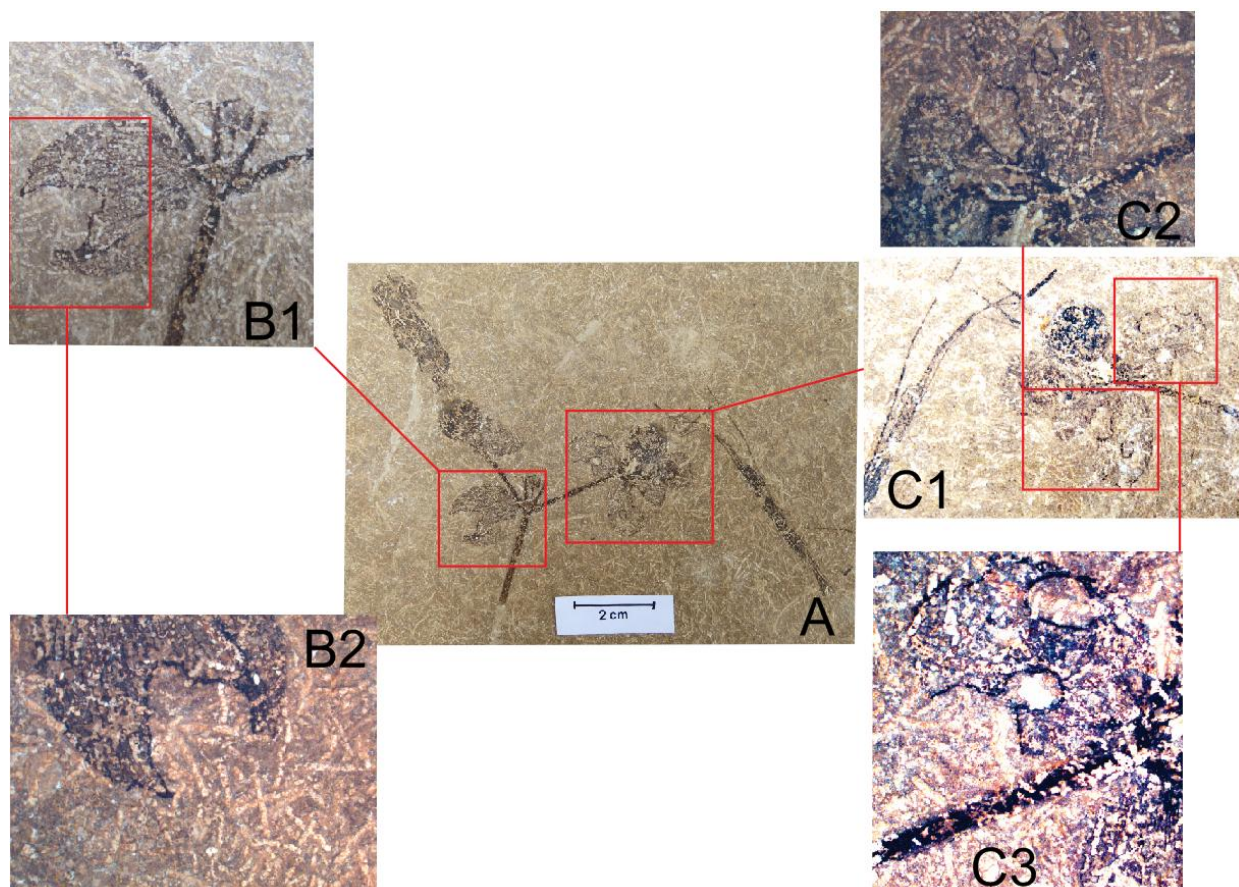
Figura 9 - fóssil de *Cariria orbiculiconiformis*. CRT 1098



FONTE: AUTOR

A Figura 10 apresenta herbivoria de margem e no interior da folha .Detalhe mostrado folhas herbivorizadas (B1 e B2). Detalhe mostrando folha herbivorizada DT 13, DT 03 e DT 15 (C3). Detalhe mostrando folha herbivorizada Dt 12 e DT 03 em (C2). Detalhe evidencia ainda a folha herbivorizada DT 13 e DT 03.(C1) e DT 13 (B1 e B2)

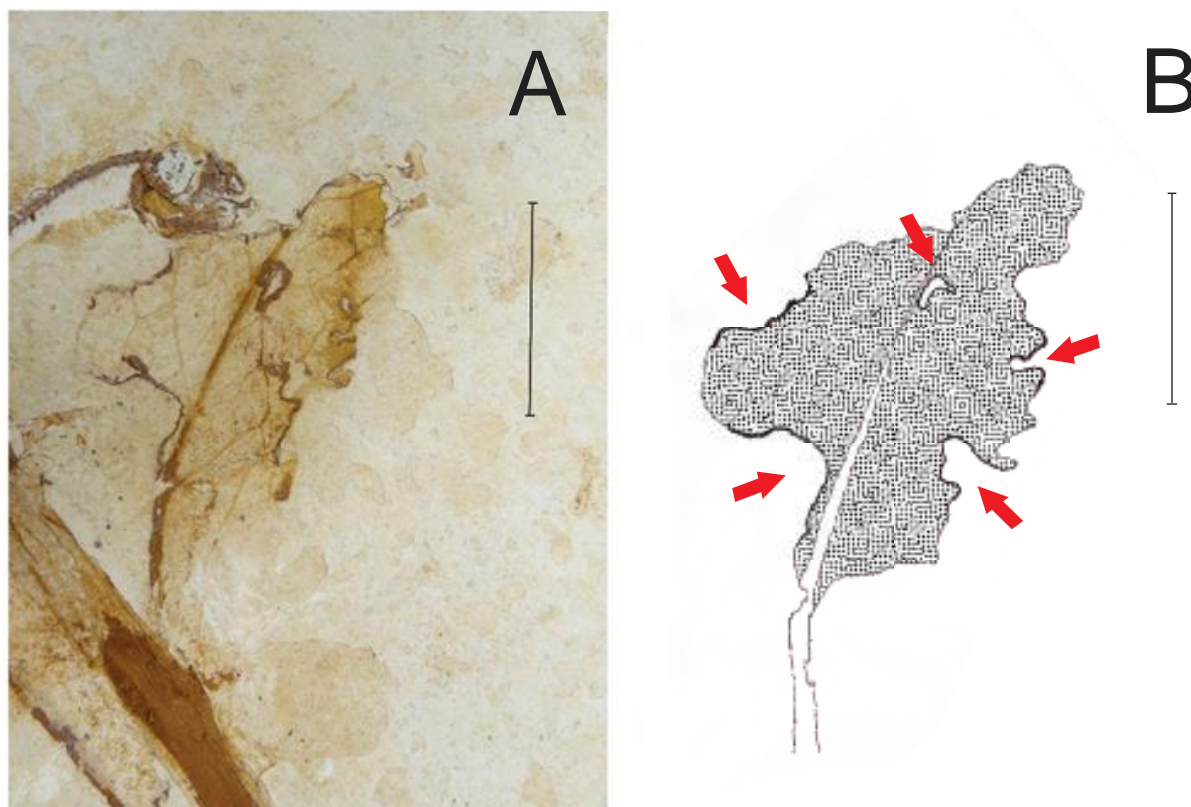
Figura 10 - fóssil de *Cariria orbiculiconiformis* CRT1092



FONTA: AUTOR

A Figura 11 traz detalhe mostrando hebivoria de borda chegando à venação primária. DT 14, DT 13, DT12 e DT 81 e retirada de parte do tecido no interior da folha sem comunicar com a borda, DT 03, e à direita desenho da mesma folha.

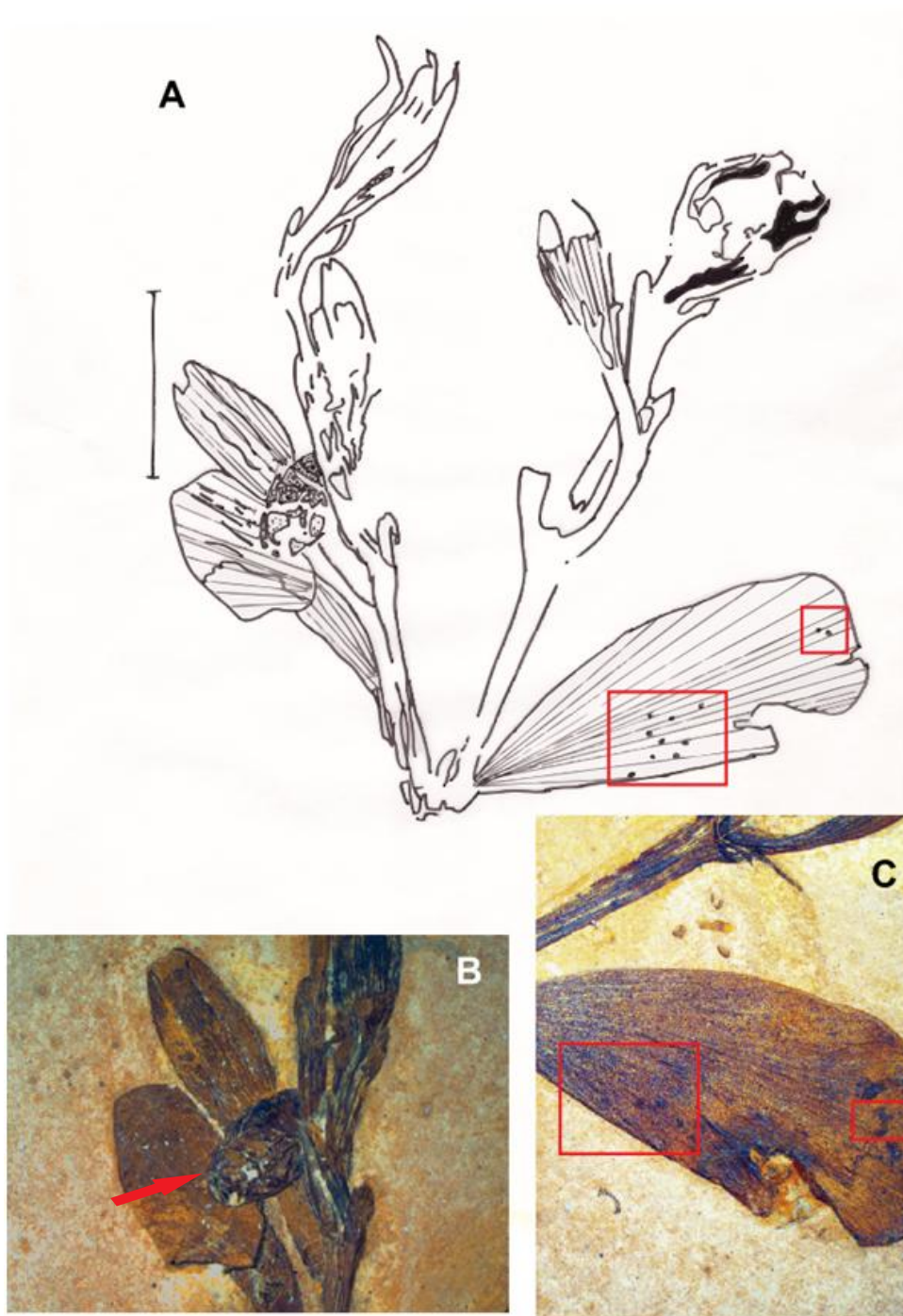
Figura 11- Desenho esquemático de fóssil de *Endressinia brasiliana*,_CRT944 Escala de 1cm.



FONTE: AUTOR

A Figura 12 com desenho esquemático do fóssil com marca de herbivoria .Inseto Hemíptera entre as folhas. (B), com detalhe das marcas de picada e sucção na folha DT 46 (C).

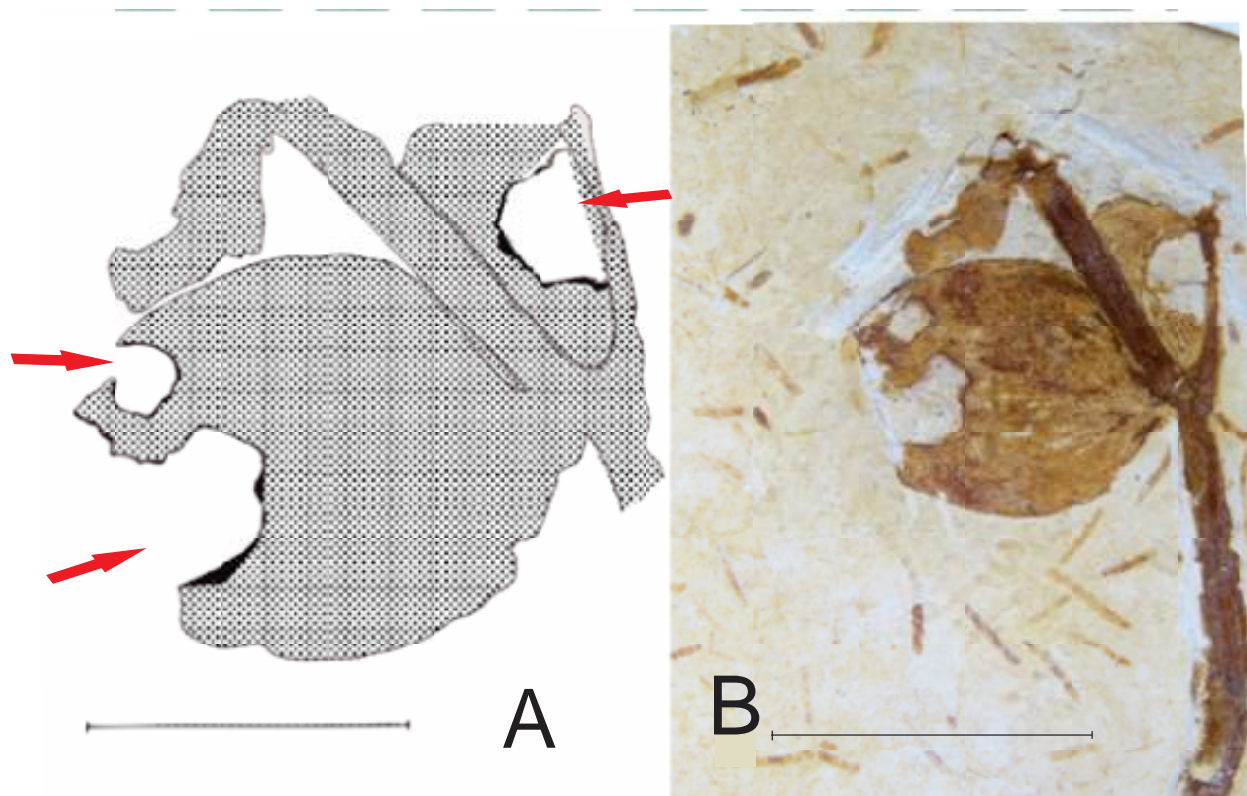
Figura 12- desenho esquemático de fóssil de *Endressinia brasiliana*, ESCALA DE 1CM.CRT 1686.



FONTE: AUTOR

A Figura 13 apresenta fósil (B) com folha onde há herbivoria de borda .Detalhe de folha herbivorizada DT 13 e DT12.

Figura 13 - Desenho esquemático de fósil de *Cariria orbiculiconiformis*, escala de 1cm. CRT 1098

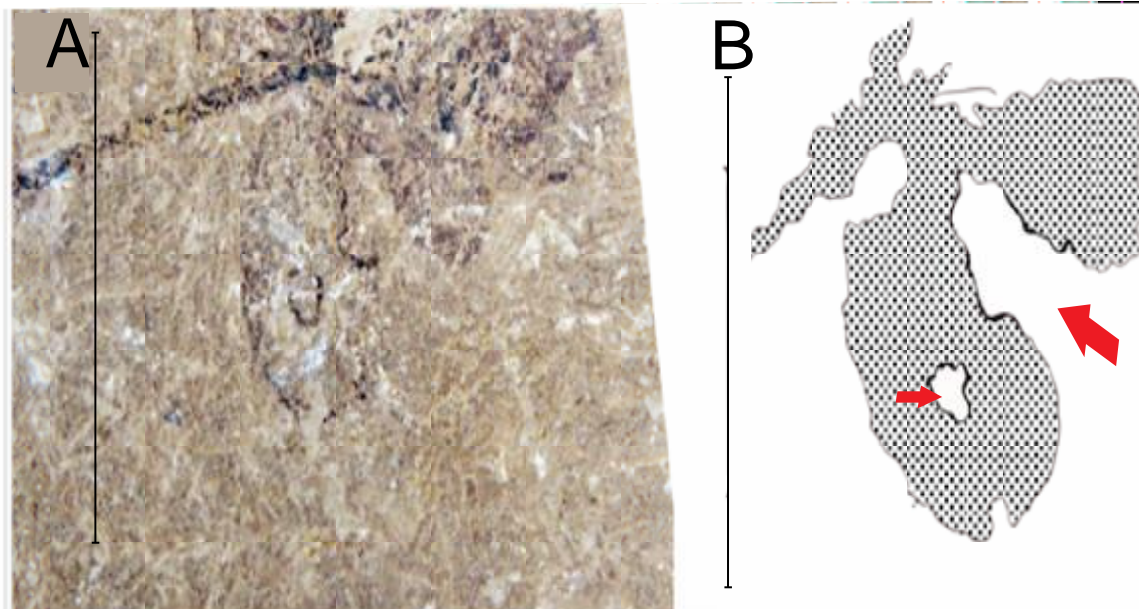


FONTE: AUTOR

A Figura 14 traz fóssil (A) com herbivoria de margem e no interior da folha
Desenho esquemático de folha herbivorizada(B)

Figura 14 - Desenho esquemático de fóssil de *Cariria orbiculiconiformis*, Escala de 1cm. CRT

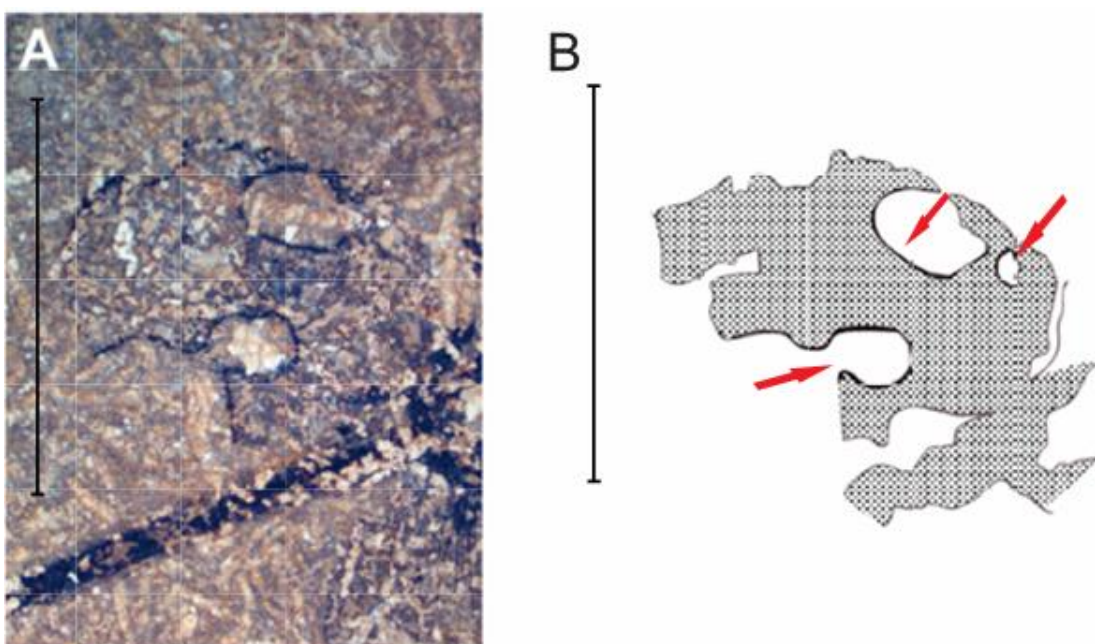
1092



FONTE: AUTOR

A Figura 15 apresenta fóssil (A) com herbivoria de margem e no interior da
folha DT 03, DT 12 e DT 15. Desenho esquemático de folha herbivorizada. (B).

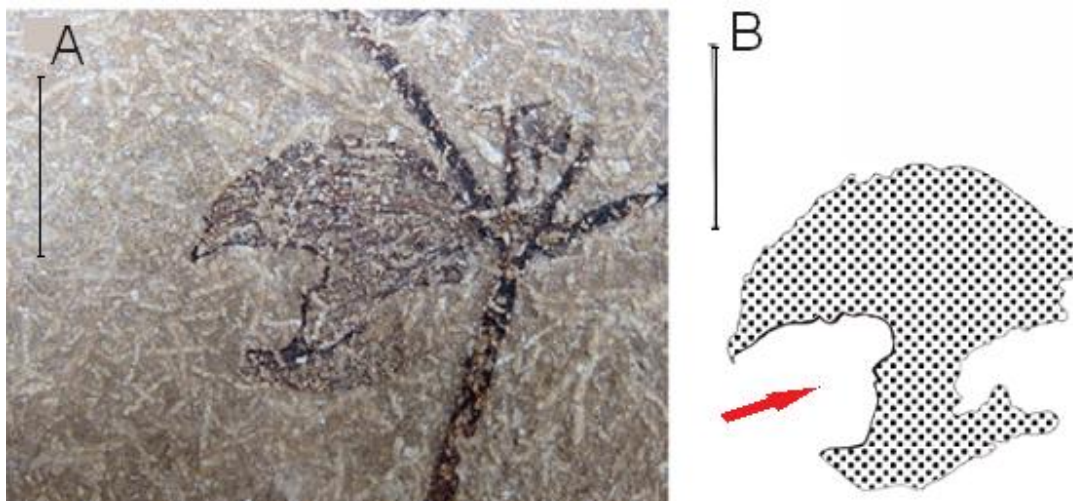
Figura 15 – desenho esquemático de fóssil de *Cariria orbiculiconiformis*,_escala de 1cm .CRT 1092



FONTE: AUTOR

A Figura 16 apresenta fósil (A) com herbivoria de margem DT 13. Desenho esquemático de folha herbivorizada (B).

Figura 16 - desenho esquemático de fósil de *Cariria orbiculiconiformis* , escala de 1cm. CRT 1092



FONTE: AUTO

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências das interações inseto-planta estão na paleoflora do Membro Crato do Cretáceo Brasileiro. Estas marcas de herbivoria são encontradas tanto nos exemplares de Gimnospermas quanto de Angiospermas.

As cicatrizes, encontradas nos fósseis, quando comparadas com as marcas de herbivoria atual apontam para os táxons Hemíptera, Ortóptera e Lepidóptera. A paleofauna do Membro Crato apresenta uma elevada incidência dos táxons Ortóptera e Hemíptera.

Inferir sobre os verdadeiros insetos causadores das marcas nos fósseis se constituem em hipótese sem comprovação, porém é possível apontar que existe uma forte evidência que seus agentes já estariam presentes nos táxons (Ortóptera e Hemíptera) já encontrados na mesma formação geológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMI-RODRIGUES, K. et al. Herbivoria em floras gonduânicas do neopaleózoico do rio grande do sul: análise quantitativa. Revista Brasileira de Paleontologia, v. 7, n. 2, p. 93–102, 2004.**
- ADINI, M. A. A M. F. et al. Herbivoria de Tetranychus urticae Koch (Acari : Tetranychidae) Induz Defesa Direta em Morangueiro ? Neotropical Entomology, v. 33, n. June, p. 293–297, 2004.**
- ASSINE, M. L. BACIA DO ARARIPE. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 15, n. 2, p. 371–389, 2007.**
- CARVALHO-NETO, C. D. S. et al. Danos foliares causados por insetos em Heliconia episcopalis Vellozo (Heliconiaceae - Zingiberales) no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais. MG.Biota, v. 3, n. 6, p. 4–18, 2011.**
- CHAGAS, D. B. Litoestratigrafia da Bacia do Araripe: reavaliação e propostas para revisão. 2006. 112 f. il. Tese (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.**
- COIMBRA, J. C.; ARAI, M.; CARRENO, A. L. Biostratigraphie (microfossiles) du Crétacé inférieur du Bassin de Araripe, nord-est du Brésil. Geobios, v. 35, n. 6, p. 687–698, 2002.**
- FAMBRINI, G. L. et al. Análise estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. Geologia USP - Serie Científica, v. 13, n. 4, p. 3–28, 2013.**
- FARMER , EDWARD E. 2014. LEAF DEFENSE. Oxford University Press, United Kingdon. 2014.**
- GNAEDINGER, S. C.; ADAMI-RODRIGUES, K.; GALLEGO, O. F. Endophytic oviposition on leaves from the Late Triassic of northern Chile: Ichnotaxonomic, palaeobiogeographic and palaeoenvironment considerations. Geobios, v. 47, n. 4, p. 221–236, 2014.**
- GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S. Evolution of the Insects. Cambridge University Press, New York. 2005,**
- HORN, M. Y.; RODRIGUES, K. A.; ANZÓTEGUI, L. M. Primeras evidencias de interacción insecto-planta en el neógeno del noroeste de la Argentina. Revista Brasileira de Paleontologia, v. 14, n. 1, p. 87–92, 2011.**

LABANDEIRA, C. C. The Four Phases of Plant-Arthropode Association in Deep Time. *Geologica acta*, v. 4, n. 4, p. 409–438, 2006.

LABANDEIRA, C. C. et al. Guide to insect (and other) damage types on compressed plant fossils. Version 3.0. Smithsonian Institution, Washington, DC, p. 25, 2007.

LIMA, F. J. DE; SARAIVA, A. Á. F.; SAYÃO, J. M. REVISÃO DA PALEOFLORA DAS FORMAÇÕES MISSÃO VELHA, CRATO E ROMUALDO, BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL. *Estudos Geológicos*, v. 22, n. 1, p. 99–115, 2012.

NEUMANN, V. H. M. L. 1999. *Estratigrafía, Sedimentología, Geoquímica y Diagénesis de los Sistemas Lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil)*. Tese de Doutorado. Universidade de Barcelona. Barcelona. 244p.

PONTE, F. C. & PONTE FILHO, F. C. 1996. Evolução Tectônica e Classificação da Bacia do Araripe. In: *Bol. 4º Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil. Águas de São Pedro-SP. UNESP, Rio Claro*. Pg. 123-133.

RIBEIRO, S. P.; FERNANDES, G. W. Interação entre insetos e plantas no Cerrado - Teorias e hipóteses de trabalho. *Ecologia e Comportamento de Insetos*, v. 3, n. Série Oecologia Brasiliensis, p. 299–320, 2000.

SCOTT, A. C.; STEPHESON, J.; CHALONER, W. G. Interaction and coevolution of plants and arthropods during the Paleozoic and mesozoic. **THE ROYAL SOCIETY**, v. 335, p. 129–165, 1992.

SILVA, A. L. Estratigrafia Física e Deformação do Sistema Lacustre Carbonático (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe em Afloramentos Seleccionados. 118 f. **Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2003.**

SUCERQUIA RENDON, P. A. Gimnospermas eocretáceas da Formação Crato, bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, São Paulo, 2007**

WALTERS, DALE R. Plant Defense : Wading of Attack by Patogens, Herbivores And Parasitic Plants. **Blackwell Publishing LTD, United Kingdon. 2011**