

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**O GÊNERO *LYCOPODITES* NO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO
PARANÁ, BRASIL**

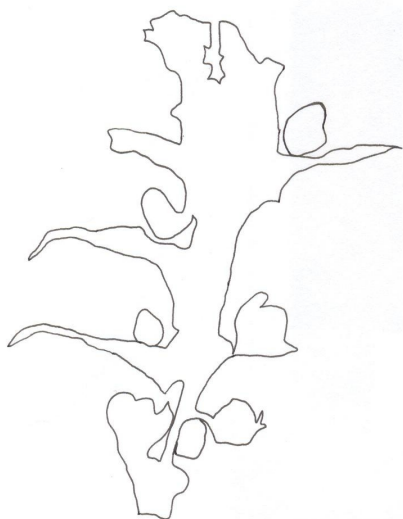
Juliana Salvi

Lajeado, abril de 2008

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**O GÊNERO *LYCOPODITES* NO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO
PARANÁ, BRASIL**

Juliana Salvi



Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento, área de concentração: Espaço, Ambiente e Sociedade.

Orientador:
Prof. Dr. André Jasper

Comissão Examinadora:
Prof. Dr. Atila Augusto Stock da Rosa
(UFSM)
Prof^ª. Dr^ª. Fresia Soledad Ricardi Torres Branco
(UNICAMP)
Prof^ª. Dr^ª. Neli Teresinha Galarce Machado
(UNIVATES)

Lajeado, abril de 2008

*“O único homem que está isento de erros,
é aquele que não arrisca acertar”.*
Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar este trabalho e superar mais esta etapa da vida, agradeço de forma especial:

- À Coordenação, corpo docente e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento do Centro Universitário UNIVATES, pela estrutura de apoio e a eficiência em resolver dúvidas e aceitar sugestões que melhorassem o curso;

- Ao meu querido orientador Prof. Dr. André Jasper, pela oportunidade de iniciar meus estudos em paleobotânica, pelos ensinamentos, conselhos e pela paciência dispensada, e principalmente pela insistência e enorme incentivo ao meu trabalho;

- À minha família, pela paciência em escutar minhas angústias e desabafos e pelo apoio incondicional;

- Ao Léo, pelo amor, pela paciência e por sempre me mostrar o lado otimista das coisas;

- À Teresinha, pelos cuidados como segunda mãe e por abrir seu lar para mim sempre que precisei;

- À Prof^ª. Dr^ª. Fresia Ricardi-Branco, pela contribuição decisiva, orientação e cooperação nas discussões taxonômicas e paleontológicas;

- Aos colegas e amigos do SBP/MCN/UNIVATES, pelo convívio e apoio;
- A Deus que nos dá força nos bons e maus momentos, iluminando o coração e a mente de todos que acreditam em um mundo melhor.

SUMÁRIO

Apresentação	
Resumo	
Abstract	
1 Introdução	10
2 Registro do gênero <i>Lycopodites</i> no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Brasil	13
3 Discussão Geral.....	42
4 Conclusões	44
5 Referências Bibliográficas	46

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação foi elaborada na forma de artigo científico acompanhado de texto introdutório, conforme previsto na Resolução 062/REITORIA/UNIVATES, que aprova a Proposta de Regime do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento e que em seu Capítulo 5, Artigo 22, Parágrafos 1º e 2º propõe a apresentação de uma forma alternativa de dissertação.

Assim, inicia-se este documento com uma **Introdução** (Capítulo 1) que apresenta generalidades sobre o tema de estudo e propõe os objetivos relacionados ao desenvolvimento do projeto de dissertação.

Em seguida, é incluído o **Artigo Científico** (Capítulo 2), elaborado durante o período de vinculação ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento e que se encontra nas normas da Revista *Anais da Academia Brasileira de Ciências – ISSN 0001-3765*, onde foi aceito para publicação.

O artigo produzido e aqui apresentado possui, descrito no corpo de seu texto, os procedimentos e metodologias adequadas, por esse motivo optou-se por não reproduzir as mesmas em um capítulo destacado. Da mesma forma, as figuras relacionadas ao artigo obedecem à formatação e distribuição exigida pelo periódico, sendo, portanto, inseridas no final do mesmo.

Por fim, apresenta-se uma **Discussão Geral** (Capítulo 3) sobre o assunto abordado e, logo após, as **Conclusões** (Capítulo 4) formuladas com base na

integração dos resultados atingidos com o desenvolvimento do projeto de dissertação.

Quanto às **Referências Bibliográficas** (Capítulo 5), citam-se apenas aquelas relacionadas ao capítulo de introdução, discussão geral e conclusões, utilizando-se os padrões exigidos pelos *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, tendo em vista que os mesmos possuem aceitação nacional e internacional. Já as referências específicas do artigo estão citadas no corpo do mesmo, seguindo os padrões do periódico ao qual foi submetido para publicação.

RESUMO

A avaliação da evolução dos biomas terrestres possui uma característica multidisciplinar por natureza. Envolve a necessidade de estudos em diferentes áreas de conhecimento, para que seja possível constituir um panorama geral das condições pretéritas dos ambientes e estabelecer padrões para as condições ecológicas futuras. Diante disso, a avaliação de algumas características específicas também se torna importante neste contexto, permitindo que conceitos de base sirvam para a consolidação de conhecimentos amplos. O presente trabalho pretende, através da análise do gênero *Lycopodites*, um grupo de licófitas herbáceas fósseis proveniente de sedimentos de Idade Permiana da Bacia do Paraná, contribuir para trabalhos de cunho paleoambiental que vêm sendo desenvolvidos nas áreas de estudo. São analisados exemplares de *Lycopodites* provenientes do Afloramento Sítio Itapema e do Afloramento Quitéria, sendo descrita uma nova espécie para o gênero. Assim, com base na análise deste grupo é possível comprovar a complexidade da composição florística dos ambientes do Permiano Inferior preservados na Bacia do Paraná e determinar que o gênero estudado integrava os biomas responsáveis pela formação dos níveis de carvão mineral atualmente aflorantes nas áreas de estudo.

ABSTRACT

The evaluation of the evolution of the terrestrial biomes has a original multidisciplinary feature. It involves studies in various areas of knowledge in order to provide an overview of the previous conditions of the environments for structuring models that can establish standards for future ecological conditions. Nevertheless, the evaluation of certain specific characteristics becomes also important in this context, allowing the basic concepts used for the consolidation of extensive knowledge. This work intends to use analysis of the *Lycopodites* genus, a group of herbaceous fossil lycopsids from the Permian sediments of the Paraná Basin, contributing to work to stamp paleoambiental being developed in the studied areas. Samples of *Lycopodites* are analyzed from the Sítio Itapema Outcrop and Quitéria Outcrop, in which is described a new species for the genus. Thus, based on the analysis of this group, it is possible to determine the complexity of the floristic composition of environments preserved in the Lower Permian of Paraná Basin and determine that it included the biomes responsible for forming the coal levels currently outcropping in the studied areas.

1 INTRODUÇÃO

Para o presente trabalho utilizou-se a classificação adotada por Taylor e Taylor (1993), sendo consideradas licófitas as plantas caracterizadas por ramificação dicotômica ou uma combinação de ramificação dicotômica e monopodial, com caules densamente cobertos com folhas (micrófilos) dispostas helicoidalmente e vascularizadas por um feixe único que não apresenta uma interrupção no estele do caule.

Ainda de acordo com Taylor e Taylor (1993), uma importante característica da Divisão Lycophyta é a posição do esporângio, que nasce na axila ou acima da superfície do esporófilo. Os esporófilos podem estar espalhados entre micrófilos fotossintéticos ou reunidos em forma de estróbilos ou cones. A maioria das espécies é homóspora, mas a heterosporia pode ocorrer morfológica e/ou funcionalmente. Em espécies heterósporas os dois tipos de esporos além de terem aspecto distinto também possuem função diferente. Os pequenos esporos (micrósporos) produzem o gametófito masculino, enquanto o megásporo germina para produzir o gametófito feminino. Os membros heterósporas atuais das licófitas produzem ambos os tipos de esporos no mesmo estróbilo, já nos representantes heterósporas fósseis os micrósporos e os megásporos podiam ser produzidos em estróbilos separados.

Atualmente, as licófitas são representadas por 3 famílias, 5 gêneros e em torno de 1250 espécies, todas pertencendo à ordem Lycopodiales (Judd *et al.* 2002). Dois gêneros, *Lycopodium* e *Selaginella*, têm mais de 1.100 espécies (Taylor e Taylor, 1993). Hoje *Lycopodium* é a criptógama vascular mais amplamente

distribuída no globo, sendo encontrada na maioria dos continentes exceto na Antártica e em quase todos os grupos de ilhas do mundo (Wagner e Beitel, 1992; Ollgaard, 1992).

Embora as licófitas sejam pouco representativas nas floras atuais, possuem um extenso registro fóssil (Taylor e Taylor, 1993), constituindo elementos herbáceos e arborescentes importantes nas associações do Paleozóico (Jasper e Guerra-Sommer, 1998).

A linhagem que distingue morfologicamente as licófitas de outros grupos vegetais surgiu no início do Devoniano (Niklas e Banks, 1990; Hueber, 1992), sendo que a sua diferenciação inicial pode ter começado já no final do Siluriano (Andrews, 1961; Tims e Chambers, 1984), podendo assim, estar a sua origem estabelecida milhões de anos antes do aparecimento de todas as outras ordens e classes de plantas vasculares existentes.

Taylor e Taylor (1993), DiMichele e Skog (1992), Gensel (1992) e Hueber (1992) sugerem que as Lycophyta se originaram das Zosterophyllophyta. Entre as características comuns às duas divisões DiMichele e Skog (1992) colocam a maturação do xilema e a presença de micrófilos. Além disso, os esporângios das primeiras Lycophyta eram formados lateralmente, como aqueles das Zosterophyllophyta, e o xilema de ambas as divisões diferenciavam-se centripedamente.

As Zosterophyllophyta foram encontradas em estratos datados entre o Devoniano Inferior e Superior. Taylor e Taylor (1993) ainda afirmam que estes vegetais não apresentavam folhas e eram dicotomicamente ramificados, embora, em alguns gêneros, haja uma tendência favorável a um hábito pseudomonopodial. Os esporângios globosos ou em forma de rim de Zosterophyllophyta eram formados lateralmente em pedicelos curtos, sendo plantas homosporadas.

A partir desta origem, o grupo das Lycophyta se irradiou amplamente durante o Carbonífero, dominando pântanos costeiros de terras baixas tropicais (DiMichele e Skog, 1992; Bateman *et al.* 1992). Foi no Carbonífero que algumas licófitas chegaram ao porte arbóreo, alcançando mais de 40m de altura e 2m de diâmetro na base (Judd *et al.*, 2002). Mussa (2000) afirma que estas plantas são importantes

elementos na formação das Bacias Carboníferas do Hemisfério Norte e dos carvões permianos distribuídos por diversas bacias do Gondwana.

Conforme DiMichele e Skog (1992), Bateman *et al.* (1992) e Judd *et al.* (2002), as formas arborescentes, que se constituíam na vegetação dominante da fitomassa geradora de depósitos de carvão tanto do Hemisfério Norte quanto do Hemisfério Sul, extinguíram-se no final do Permiano. De acordo com Jasper e Guerra-Sommer, (1998), este desaparecimento pode ser explicado pela perda da “plasticidade genética” que impediu sua adaptação às severas mudanças ambientais ocorridas durante o Permiano. Por outro lado, as formas herbáceas do grupo revelaram-se mais aptas às mudanças climáticas e ambientais, remanescendo nos períodos geológicos subseqüentes e até a atualidade.

Ainda devido à sua ampla distribuição fóssil e atual, a taxonomia de licófitas é um tema controverso. Existe um grande número de *taxa* fóssil sobre os quais há informações limitadas, principalmente sobre seus caracteres reprodutivos. A maioria dos pesquisadores, entre eles Taylor e Taylor (1993) prefere enquadrá-las em sete ordens, onde seis possuem representantes herbáceos.

Devido às dificuldades encontradas nos estudos taxonômicos relacionados às licófitas herbáceas Paleozóicas, momento em que há um convívio entre os grupos arbóreos e herbáceos, o presente estudo avaliou a taxonomia do gênero herbáceo *Lycopodites* Lindley *et* Hutton (1833), encontrado em sedimentos permianos do Gondwana, de forma a contribuir com a elucidação desta problemática.

A definição dos parâmetros taxonômicos de *Lycopodites* na Bacia do Paraná é de grande importância também para a constituição de estudos paleoambientais, que visam a reconstituição dos biomas que deram origem aos diversos registros fitofossilíferos. Exemplos disso são os trabalhos de Jasper *et al.* (2006) e Guerra-Sommer *et al.* (2008), que além de caracterizar os eventos relacionados às fases de deposição do Afloramento Quitéria também apresentam reconstituições artísticas das paisagens do Permiano Inferior da bacia, estando presentes aí os diversos elementos vegetais que as dominavam.

2. REGISTRO DO GÊNERO LYCOPODITES NO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, BRASIL.

Record of the genus *Lycopodites* in the Lower Permian of Paraná Basin, Brazil.

Artigo científico apresentado a Revista *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (ISSN – 0001-3765) e aceito para publicação.

Dentro do sistema de classificação de periódicos, anais, jornais e revistas denominado de Qualis/CAPES, a referida revista é classificada como sendo “A Internacional” para a área Multidisciplinar.

André Jasper

Von: Isa Maioli (imaioli@abc.org.br)

Gesendet: sexta-feira, 18 de abril de 2008 15:00

An: André Jasper

Betreff: Ms. Nº ANA-015/07

Wichtigkeit: Hoch

Record of the genus Lycopodites in the Lower Permian of Paraná Basin, Brazil

Autores: Juliana Salvi, André Jasper, Fresia Ricardi-Branco, Mary Elizabeth Cerruti Bernardes-de-Oliveira, Margot Guerra-Sommer.

Prezado Dr. Jasper

Tenho a satisfação de comunicar que o manuscrito em referência foi aceito para publicação na revista Anais da Academia Brasileira de Ciências.

Outras informações serão dadas oportunamente.

Cordialmente,

Alexander W. A. Kellner

Editor Chefe

Anais da Academia Brasileira de Ciências

I.P.Maioli

Editorial Assistant

Anais da Academia Brasileira de Ciências

Tel: (21) 2533-6274 r: 17

Record of the genus *Lycopodites* in the Lower Permian of Paraná Basin, Brazil.

JULIANA SALVI: Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais UNIVATES (SBP/MCN/UNIVATES); Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, UNIVATES (PPGAD/UNIVATES) → **Corresponding author: Rua Avelino Tallini, 171, Universitário, CEP 95900-000, Lajeado, RS, Brasil (jusalvi@univates.br).**

ANDRÉ JASPER: Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais UNIVATES (SBP/MCN/UNIVATES); Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, UNIVATES (PPGAD/UNIVATES).

FRESIA RICARDI-BRANCO: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) Caixa Postal 6152 – CEP 13083-970, Campinas, SP, Brasil.

MARY ELIZABETH CERRUTI BERNARDES-DE-OLIVEIRA: Universidade de Guarulhos, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Laboratório de Geociências. Praça Tereza Cristina 01, Centro, CEP 07023-070, Guarulhos, SP, Brasil.

MARGOT GUERRA-SOMMER: Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves 9500, Agronomia, CEP 91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil.

Palavras-chave: *Lycopodites* sp., *Lycopodites riograndensis* sp. nov., Gondwana, Permiano Inferior, Bacia do Paraná.

Título abreviado: ***Lycopodites* in Lower Permian of Paraná Basin, Brazil.**

Seção da Academia: Ciências da Terra.

Record of the genus *Lycopodites* in the Lower Permian of Paraná Basin, Brazil.

JULIANA SALVI, ANDRÉ JASPER, FRESIA RICARDI-BRANCO, MARY ELIZABETH
CERRUTI BERNARDES-DE-OLIVEIRA AND MARGOT GUERRA-SOMMER

Abstract

The genus *Lycopodites*, which encompasses the herbaceous forms of the lycopsids, presents broad time and spacial distribution during the Paleozoic in the Northern Hemisphere, with its initial records dating from the European Devonian. As to Gondwanan Paleozoic, to this moment, only *Lycopodites amazonica* Dolianiti had been reported for the Amazonian Middle Devonian (Curuá Group). Thus, the specimens reported in this study such as *Lycopodites* sp., coming from sedimentary rocks of the Itararé Subgroup, São Paulo State, and *Lycopodites riograndensis* sp. nov., collected in Rio Bonito Formation, Rio Grande do Sul, represent the oldest fertile forms recorded for Gondwana and the first ones to be described for the Paraná Basin. Its presence in layers, deposited after the end of the neopaleozoic glaciation, shows the appearance of new taxa in high latitudes, as well as the diversity of the lycopsids present in the Basin, previously indicated through the abundance of spores associated to the Class Lycopsida present in the palynomorphous assemblages.

Keywords: *Lycopodites* sp., *Lycopodites riograndensis* sp. nov., Gondwana, Lower Permian, Paraná Basin.

Resumo

O gênero *Lycopodites*, que engloba formas herbáceas de licópsidas, apresenta ampla distribuição temporal e espacial durante o Paleozóico no Hemisfério Norte, iniciando seu registro no Devoniano da Europa. Já no Paleozóico do Gondwana, até o presente momento, somente *Lycopodites amazonica* Dolianiti havia sido reportada para o Devoniano Médio da Amazônia (Grupo Curuá). Assim, os exemplares reportados no presente trabalho como *Lycopodites* sp., provenientes de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, SP, e *Lycopodites riograndensis* sp. nov., coletados na Formação Rio Bonito, RS, representam as formas férteis mais antigas registradas para o Gondwana e as primeiras a ser descritas para a Bacia do Paraná. A sua presença em camadas depositadas após o término da glaciação neopaleozóica, evidencia o ingresso de novas *taxa* em latitudes altas, bem como a diversidade das licópsidas presentes na Bacia, já esboçada através dos abundantes esporos associados à Classe Lycopsidea presentes nas assembléias de palinórfos.

Palavras chaves: *Lycopodites* sp., *Lycopodites riograndensis* sp. nov., Gondwana, Permiano Inferior, Bacia do Paraná.

INTRODUCTION

The main purpose of this paper is to describe specimens of herbaceous lycopsids found in Permian sediments of the Brazilian portion of Paraná Basin, and to present an overview of this genus for the Paleozoic period in this basin. Although the lycopsids are little representative in the present floras, they are meaningful herbaceous and arborescent elements of Paleozoic associations (Jasper and Guerra-Sommer 1998). These plants arose in the Devonian, reaching their apex in the Upper Carboniferous, and started to decline from the Permo-Triassic limit on; from the end of the Meso-Cenozoic they are restrict registered, with only the herbaceous forms left. According Mussa (2000), these plants are important elements in the Carboniferous Basins of the Northern Hemispheres and in the Permian coal systems distributed through several basins of the Gondwana.

In the Paraná Basin following lycopsids genera are registered: *Brasilodendron*, *Bumbudendron*, *Leptophloeum* and *Lycopodiopsis* (Chaloner *et al.* 1979; Jasper and Guerra-Sommer 1998; Alarcon and Bernardes de Oliveira 1999; Ricardi-Branco and Torres 2003), all with arbustive habit; nevertheless, herbaceous lycopsids have not been previously mentioned for this area.

The material used in this study comes from two outcrops. The oldest one is associated to the Itararé Subgroup and is known as Sítio Itapema Outcrop, located in the Municipality of Cerquilha, State of São Paulo, Brazil (Fig. 1) (Rocha-Campos *et al.* 2000). The other one is Quitéria Outcrop, located in the Municipality of Encruzilhada do Sul, State of Rio Grande do Sul, Brazil (Fig. 1), which is related to the Rio Bonito Formation.

GEOLOGICAL FRAMEWORK

The Cerquilha area is stratigraphically located in the upper sedimentary sequence of the Itararé Subgroup or in the basal portion of the Tietê/Rio Bonito Formation, in the Tubarão Group. The lithostratigraphic position of the area is still a matter of dispute. Rohn (1987), Fúlfaro *et al.* (1991), among other authors, have considered this area as belonging to the postglacial Tietê Formation, correlated with the Rio Bonito Formation of Southern Brazil states. On the other hand, Nagali and Consoni (1987), Martini and Rocha-Campos (1991), Santos *et al.* (1996), Rocha-Campos *et al.* (2000) among others, have considered the Cerquilha coal measures as a result of an interglacial environment, included in the Itararé Subgroup. Some elements from this taphoflora were studied by Dolianiti and Millan (1973), Millan (1977, 1991 and 1995), Millan and Dolianiti (1977, 1979, 1980a-b, 1981 and 1982), Iannuzzi and Rohn (1995), Ricardi-Branco *et al.* (1999), Bernardes-de-Oliveira *et al.* (1999), Rohn and Lages (2000), Martins Neto *et al.* (1999, 2000) and Ricardi-Branco and Bernardes-de-Oliveira (2000). These elements are the following: sphenopsids, Cordaitales, protoglossopterids (?) and abundant seeds – *Cornucarpus cerquilhensis*, *Samaropsis rigbyi*, *Samaropsis dolianitii* and *Samaropsis tietensis*. In this outcrop it was recorded the appearance of the first elements of the *Glossopteris* Flora in the Paraná Basin. It is considered Asselian-Sakmarian in age due to its palynological content, which is characterized by basal *Protohaploxylinus goraiensis* Subzone of the *Vittatina constabilis* Interval Zone (Souza and Marques-Toigo 2003; Souza 2006).

According to Jasper *et al.* (2006), Quitéria Outcrop is an isolated and fragmented exposition of the Rio Bonito Formation over the Sul Rio-Grandense

Shield, preserved in a collapsed block following the North-West direction. The outcropping section is little thick (6.40 m) and does not present contact with the overlapped and eroded interval, neither with the one underlying, which is covered. The profile of the site can be divided into two clearly distinguished intervals: a basal one, with large incidence of organic matter, and an upper one, with incidence of plant megafossils, but with little, nearly not preserved, organic matter. Thus, the lower level of the upper depositional interval corresponds to a roof level, with records of a unique megafloora, constituted by fragments (Jasper *et al.* 2006) of conifers, fronds of filicopsids, Pteridospermales and rare Glossopteridales. Based on palynoassemblages, Jasper *et al.* (2006) confirm that the interval of the Quitéria Outcrop is related to the upper part of the *Vittatina costabilis* Zone, described by Souza and Marques-Toigo (2003), conferring a Kungurian age for deposition of the analyzed sediments.

MATERIALS AND METHODS

The fossil material collected at the Sitio Itapema Outcrop corresponds to impressions found in a light-brown siltite overlying carbonaceous bed. The whole sedimentary sequence lies within a coarse-grained sandstone. The studied specimens integrate a collection of more than 200 samples collected by several researchers during two decades, and now part of the Scientific Collection of the Laboratory of Systematic Paleontology of the Geosciences Institute of São Paulo University.

At the Quitéria Outcrop the specimens of herbaceous lycopsids impressions were collected from a yellowish 45 cm thick thin sandstone layer, in which it could

also be seen the impressions of *Cori cladus quiteriensis*, *Botrychiopsis valida*, contramolds and molds of stem bases of *Brasilodendron pedroanum*, as well as impressions of Glossopteridales leaves. These specimens are stored in the Botanic and Paleobotanic Sector of the UNIVATES Natural Science Museum under the initials PbU.

All the specimens corresponding to herbaceous lycopsids were analyzed with the use of a stereoscopic microscope, photographed and drawn with the light camera resource, and measures were recorded, such as the width and length of branches, microphylls, sporangia and stems. Observations made with the stereoscopic microscope indicate that there has not been preservation of cuticles and spores.

TAXONOMIC EVALUATION

The systematic classification of fossil plants, used in this study is the one used by Stewart and Rothwell (1993), who used cladistic methods for including fossil forms in the taxonomic groups of fossil and modern plants.

Realm Plantae

Division Trachaeophyta

Class Lycopsidea

Order Lycopodiales

Family Lycopodiaceae

The family Lycopodiaceae includes land herbaceous plants and epiphytes approximately 5 – 20 cm high presenting dichotomous branching and simple leaves

(microphylls) 0.2 – 2 cm long (Judd *et al.* 2002). According to Raven *et al.* (2003) in this family are included the modern genera *Lycopodium*, *Phylloglossum*, *Huperzia*, *Phlegmariurus*, among others, adding up to approximately 15 tropical and 7 temperate zone genera (United States and Canada).

According to Chaloner (1967), the fossil record of this family is scarce, represented by the herbaceous genus *Lycopodites* Lindley *et* Hutton (1833). This genus resembles the modern *Lycopodium* (Doubinger *et al.* 1995). The generic name *Lycopodites* was used for the first time to describe some third order stems densely covered by small foliar cushions which, later on were described as conifer fragments (Taylor and Taylor 1993). In more recent descriptions this genus includes stems or axes organized in a helicoid arrangement and, if presenting sporangia in the adaxial side of the leaves, they were isolated or organized in strobiles. Specimens of *Lycopodites* have been described as important elements from Devonian deposits (Boureau 1967), remaining actual systems, including isophyllous and anisophyllous forms (Taylor and Taylor 1993).

Genus *Lycopodites* Lindley *et* Hutton 1833.

Lycopodites sp.

(Fig. 2)

Specimen: GP/3T 2276

Provenance: Sítio Itapema, Cerquillo, São Paulo State, Brazil.

Stratigraphical level: Upper portion of Itararé Subgroup or lower portion of Tiete Formation.

Age: Early Permian/Asselian-Sakmarian.

Description:

Impression of delicate stem fragment, presented in two discontinuous portions caused by fragmentation upon specimen collection, belonging to the same axes. Its total length is 45.0 mm and it is 2.5 mm wide. It presents lepidodendroid phyllotaxy, scars in the foliar basis not clearly outlined, fusiform, with 2.5 mm of length by 1.0 mm of width, with acute inferior and superior ends. The scar of the circular vascular bundle is little clear. No evidences of ligule or paricnos. Falcate uninerved microphylls, arranged helicoidally, connected to the stem through a wide swollen base with 2.0 mm of width; its laminar portion is aciculated and does not present preserved apex, and it is 2.0 mm long and 0.5 mm wide. They emerge from the stem at 45°. It presents sparse sporophylls between the sterile microphylls, bearing ovate pedicellate sporangia of axillary position. Rounded sporangia with approximately 0.6mm diameter, supported by 0.4 mm long pedicels.

Comparison and discussion

Although it has not been possible to verify the homospority due to the poor preservation of the specimen, the supposed absence of ligule, the presence of uninerved microphylls and most importantly, the presence of sporangia on the axils of sporophylls similar to vegetative microphylls and scattered among them enable a reasonably safe identification of this specimen as belonging to the genus *Lycopodites* Lindley *et* Hutton 1833.

The specimen GP/3T – 2276 resembles the specimen *Lycopodites sahnii* Lele *apud* Surange (1966:15, Fig. 6), originated in the Triassic of South Rewa Gondwana Basin, India, concerning the following characteristics: dimensions, shape of the scars

in the foliar base, and helicoidal arrangement of the scars. It differs in the following: emergence angles of 45° in the Brazilian specimen, whereas the Indian presents 90° angles; the width and the swollen shape of the microphyll base and the presence of pedicellate axillary sporangia in the Brazilian specimen.

The specimen studied differentiates itself from all the fertile species of the genus *Lycopodites* recorded by Chaloner (1967). As for the species based solely on vegetative bodies presenting isophyllia, *Lycopodites carbonaceous* Feistmantel 1875, from the Upper Carboniferous of Czech Republic and other European sites, would be the closest representative. Nonetheless, its microphylls of contracted base are quite distinct from those, with the swollen base of the specimen from São Paulo; furthermore, the lack of description of reproductive parts and dimensions prevents us from making a more accurate comparison. The specimen studied is distinct from *Lycopodites riograndensis* sp. nov. once the sporangia it presents are pedicellate and smaller.

The studied specimen also differs from *Lycopodites amazonica* described by Dolianiti (1967) for Amazonian Basin Devonian (Curuá Group) once the latter presents an extremely thin (approximately 1.00 mm) and stiff stem with erect linear leaves; these are apparently stiff, forming a 55° angle, arranged in a pseudo-spiral way that does not resemble at all the slightly flexuous stems with falcate and decurrent leaves typical of the specimens of *Lycopodites* Lindley et Hutton, 1833 (non Brongniart). Due to the above it was decided to classify the studied specimen as “sp.”, and wait for more specimens, which could then allow a safer identification.

Genus *Lycopodites* Lindley et Hutton

Lycopodites riograndensis sp. nov.

(Fig. 3)

Holotype: PbU 190 (displayed in the Paleobotanic Collection of the Botanic and Paleobotanic Sector of the UNIVATES Natural Science Museum).

Paratypes: PbU 033, 038, 294, 262, 427.

Name derivation: specific epithet derived from the name of the State of Rio Grande do Sul, location of this species occurrence.

Provenance: Quitéria Outcrop, Encruzilhada do Sul, State of Rio Grande do Sul, Brazil.

Stratigraphical level: Rio Bonito Formation, Lower Permian, Paraná Basin.

Age: Early Permian/Kungurian

Description

The studied material consists of vascular plants branch fragment of lepidodendroid phyllotaxy, preserved as impressions (Fig. 3). Their total length varies from 6.82 to 46.22 mm and their width, from 4.81 to 12.48 mm; their stems are between 0.73 to 2.28 mm wide.

Its stem is densely covered by uninerved microphylls, rounded at their base, occasionally tapering gradually towards the apex (Fig. 3) or keeping their rounded shape to the end (Fig. 3). These microphylls vary between 0.63 – 5.84 mm in length, and 0.25 – 1.37 mm in width, and are arranged helicoidally along the stem, emerging from the thallus at 45° (Fig. 3). Neither foliar scars nor ligules are preserved.

Some specimens present sporangia with ovate-elliptical shape, with measures varying from 0.78 – 3.21 mm in length and 0.09 – 1.47 mm in width, distributed among the microphylls, developing in the adaxial faces and emerging from the axils.

Comparison and discussion

A difficulty found when studying fossils of the *Lycopodites* type is distinguishing these remains from distal branches of the species of the order Lepidodendrales. However, when there is the presence of sporangia distributed longitudinally along the stem, in association with leaves, as is the case with the material here studied, this distinction is clear. The absence of the ligule is another aspect to be used to distinguish the two groups. Furthermore, there are some species of *Lycopodites* with strobiles, that are also found in some species of microsporangiate *Lepidostrobus* which can, in fact, represent an herbaceous coned *Lycopodium* plant (Taylor and Taylor 1993).

Nevertheless, the specimens found in Quitéria Outcrop can be clearly included in the genus *Lycopodites* for presenting stems densely covered with microphylls with helicoidal distribution, having ovate-helicoidal sporangia clearly preserved in the basal portions of the adaxial faces of the microphylls (Taylor and Taylor 1993).

Another comparison that could be made is with *Oxroadia gracilis*, that, according to Taylor and Taylor (1993) is a small lycopsid dichotomically branched without clear preservation of the foliar cushion, but that presents the bases of the decurrent leaves. Nevertheless, the description of this genus made by Lindley and Hutton (1833) is based on specimens of the Lower Carboniferous (Calceiferous Sandstone Series, Scotland). The microphylls do not present ligule and are vascularized by a single bundle. The sporangia are elongated and formed on

sporophylls whose apex is turned downward. Nothing is known about the spores. This genus is considered as an herbaceous lycopsid, unlike the distal branches of the arborescent form, due to the absence of secondary tissues in the vascular system and cortex. However, the specimens analyzed here do not present evidence of dichotomy nor decurrence of the foliar bases, but do present ovate-elliptical sporangia in the adaxial faces of the non-curved sporophylls.

Synlycostrobus tyrmensis is also an interesting lycopsid of the end of the Jurassic and beginning of the Cretaceous of Siberia that has an uncommon cone arrangement (Taylor and Taylor 2003). It is thought to have been a crawling plant, probably not very different from the modern *Lycopodium*. The ligulate leaves are isophyllous. The cones emerge from what have been called fertile shoots, each of them located at the axis of the leaf or bract. The cones are small (5.0 mm long) and consist of approximately 20 sporophylls helicoidally arranged. Each sporophyll has a conspicuous distal blade and an end leaning downward. Superficially, the fertile branches of the *Synlycostrobus* resemble primary axes and smaller shoots (cones) which characterize the Cordaitales. Although the morphological characteristics suggest proximity with the *taxon*, the presence of the ligule in the *Synlycostrobus* dismisses this correlation.

Thus, the specimens here studied, originating from the Quitéria Outcrop, can be clearly classified as belonging to genus *Lycopodites*. However, all its unique characteristics prevent us from relating it with species of it or of other genera of herbaceous lycopsids of the Permian, which justifies the creation of a specific name. Therefore, it is proposed the creation of the specific epithet “riograndensis” to this new species of the genus *Lycopodites*, resulting in the name *Lycopodites riograndensis*.

FINAL REMARKS

The apparent absence of the ligule, the presence of uninerved microphylls and mainly, the presence of sporophylls with axillary sporangia similar to vegetative microphylls scattered among them allow a relatively safe identification both from the Itapema Outcrop (Itararé Subgroup) and the Quitéria Outcrop (Rio Bonito Formation) within the genus *Lycopodites*.

Regarding the distribution of the genus *Lycopodites* (Fig. 4) and its presence in the Paraná Basin, some comments can be made. Records of this genus begin in Europe with Boureau (1967), mentioning *Lycopodites* in the Devonian of Czech Republic and Germany, Carboniferous of Scotland, France and England, as well as Upper Carboniferous in Northern America. The other occurrences in the Northern Hemisphere are related to the Mesozoic. In Gondwana, all occurrences of *Lycopodites* already recorded, with the exception of *Lycopodites amazonica*, described by Dolianiti (1967), for Devonian, are associated, according to Chaloner (1967), to the Mesozoic (*Lycopodites gracilis* & *Lycopodites sahnii* in India's Triassic; *Lycopodites aberi* in New Zealand's Jurassic and *Lycopodites victoriae* in Australia's Jurassic). Thus, the forms here described for Paraná Basin are the oldest fertile structures of this genus recorded for the Southern Hemisphere.

The records of microspore and megaspore species is abundant for the Neopaleozoic of Paraná Basin; many of them are associated to lycopsids (eg. *Sublagenicula*, *Punctatisporites*, *Foveosporites*, *Lundbladispora*, *Densosporites*, *Cirratriradites*, *Kraeuselisporites*, *Vallatisporites*, *Cristatisporites*). Thus, in biostratigraphic zonings proposed for this basin in paleopalynologic studies (Ricardi-Branco *et al.* 2002; Amaral and Ricardi-Branco 2004; Souza and Marques-Toigo

2003; Souza 2006), the presence of lycopsids spores becomes a relevant aspect, although it is not known its kinship with the genera of the stems of lycopsids described for the basin. The occurrence of the lycopsids, mainly the ones with arbustive habit (*Brasilodendron*, *Bumbudendron*, *Leptophloeum* e *Lycopodiopsis*, Chaloner *et al.* 1979; Jasper and Guerra-Sommer 1998 and 1999; Alarcon *et al.* 1999; Ricardi-Branco *et al.* 2002), and now herbaceous, is frequent in swampy sites associated to the generation of coal levels and/or strata. This continuous presence of lycopsids, from the Carboniferous to the end of the Permian in vegetable fossil assemblages, supports the hypothesis that the Paraná Basin was inhabited by this group since the oldest records of Carboniferous (Pennsylvanian; Souza *et al.* 2006) to the newest in the Permian (Rohn 1997). This distribution and their reaching the western southern Gondwana might have happened firstly with the Northern Hemisphere lycophytes; this possibility is also suggested by Piérart (1962; 1975; 1981; 1984) for some megaspore species such as *Sublagenicula brasiliensis*, that can be considered transgressive megaspores that migrated during the Carboniferous from regions near the limits of glaciation to regions that subsequently would be taken by the *Glossopteris* Flora.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors want to deeply acknowledge the financial support granted by FAPESP – Funding Agency for Research of São Paulo State, for financing this research through Project FAPESP 97/03639-8: “Survey of the Upper Carboniferous – Lower Permian (Tubarão Group) Paleofloristic Composition and Succession in the State of São Paulo”, FAPERGS – Research Support Foundation of Rio Grande do

Sul State, and CNPq. Also, the authors are grateful to Biol. MSc. Cátia Viviane Gonçalves for her collaboration in the final edition of the figures.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- ALARCON CM and BERNARDES-DE-OLIVEIRA ME. 1999. Neopaleozoic Lycophyta in the Paraná Basin (Brazil). I – General stratigraphical evaluation, with emphasis on *Lycopodiopsis derbyi* Renault. Rev Un Guar 4(1): 35 – 49.
- AMARAL PGC and RICARDI-BRANCO F. 2004. Ocorrência de megásporos no Carbonífero Superior (Subgrupo Itararé) na porção NE (Estado de São Paulo) da Bacia do Paraná, Brasil. Rev Bras Geo 34(2): 253 – 262.
- BERNARDES-DE-OLIVEIRA MEC, ROHN R, SOUZA PA, RICARDI-BRANCO F, RÖSLER O, IANNUZZI R and ZAMPIROLI AP. 1999. Revision of Upper Paleozoic phytobiostratigraphy schemes in the northern portion of Paraná Basin, Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS-PERMIAN, 14., Abstracts...Calgary, p 12.
- BOUREAU E. 1967. Traité de Paleobotanique, Tome II: Bryophyta, Psilophyta, Lycophyta. Masson et Cie (Eds.), Paris, 845 p.
- CHALONER W. 1967. Lycophyta. In: BOUREAU E (Ed.), Traité de Paleobotanique. Tome II. Bryophyta, Psilophyta et Licophyta. Masson et Cie Editeurs. Paris, p. 437 – 802.
- CHALONER WG, LEISTIKOW KU and HILL A. 1979. Brasilodendron gen. nov. and B. pedroanum (Carruthers) comb. nov., a Permian lycopod from Brazil. Rev Palaeobot Palyn 28: 117-136.

- DOLIANITI E. 1967. Uma licopodiacea do Devoniano do Amazonas. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, 1., Atas...Belém: CNPq, p. 141 – 144.
- DOLIANITI E and MILLAN JH. 1973. Novo afloramento de vegetais gondwânicos no Estado de São Paulo. An Acad Bras Cienc 45: 653–654.
- DOUBINGER J, VETTER P, LANGIAUX J, GALTIER J and BROUTIN J. 1995. La flore fossile du Basin houiller de Saint – Étienne. Tome 164 Paleobotanique. Paris: Memoires du Museum National D’Histoire Naturelle. 357 p.
- FÚLFARO VJ, PERINOTTO AJ and BARCELOS JH. 1991. Formação Tietê: o pós-glacial no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., Atas...São Paulo SBG, p. 397-404.
- IANNUZZI R and ROHN R. 1995. Discussão sobre a presença do gênero *Glossopteris* na taoflora Cerquilho (Grupo Tubarão, Bacia do Paraná, Estado de São Paulo) e seu possível significado biocronoestratigráfico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 14., Atas...Uberaba, p. 62–63.
- JASPER A and GUERRA-SOMMER M. 1998. Licófitas cormofíticas arborescentes do Afloramento Quitéria – Formação Rio Bonito (Bacia do Paraná), RS. Rev Pesq 25(1): 43-60.
- JASPER A and GUERRA-SOMMER M. 1999. Licófitas arborescentes *in situ* como elementos importantes na definição de modelos deposicionais (Formação Rio Bonito – Bacia do Paraná – Brasil). Rev Pesq 26(1): 49-58.
- JASPER A, MENEGAT R, GUERRA-SOMMER M, CAZZULO-KLEPZIG M and SOUZA PA. 2006. Depositional cyclicity and paleoecological variability in Quitéria outcrop – Rio Bonito Formation, Paraná basin, Brazil. Jour South Amer Earth Scienc 21(3/4): 276 – 293.

- JUDD WS, CAMPELL CS, KELLOGG EA and STEVENS PF. 2002. Plant Systematics – A Phylogenetic Approach. Sinauer Associates Inc. Publishers. Massachusetts, 464 p.
- MARTINI P and ROCHA-CAMPOS AC. 1991. Interglacial and early post - glacial, Lower Gondwana coal sequences in the Paraná Basin, Brazil. In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 7., Proceedings...São Paulo: IG - USP/ FAPESP, p. 317-336.
- MARTINS-NETO RG, BERNARDES-DE-OLIVEIRA MEC, RICARDI-BRANCO F and RÖSLER O. 1999. Primeiro registro de *Grylloblatida* (Insecta, Pinideliidae), associado à taoflora de Cerquilho, Paleozóico Superior da bacia do Paraná, Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA, 1., Guarulhos: UnG-NSP/SBP, p. 10.
- MARTINS-NETO R, BERNARDES-DE-OLIVEIRA MEC, RÖSLER O, RICARDI-BRANCO F, WEINSZHULTZ F and PERINOTTO JA. 2000. New Grylloblattidea (Insecta) from the Paraná Basin. Carboniferous Southeast, Brazil. In: INTERNATIONAL MEETING ON PALEOARTHROPODOLOGY, 1., Abstract...Ribeirão Preto:USP/RP, p. 33.
- MILLAN JH. 1977. Sementes platispérmicas do Eogondwana, São Paulo (Bacia do Paraná). An Acad Bras Cienc 49: 581–595.
- MILLAN JH. 1991. Novas ocorrências de sementes platispérmicas nos municípios de Itapeva, SP e Cerquilho, SP em taofloras do Grupo Tubarão, Eogondwana da Bacia do Paraná. An Acad Bras Cienc 63: p. 96.

- MILLAN JH. 1995. Novas ocorrências de sementes platispérmicas em tafofloras associadas a camadas carbonosas do Grupo Tubarão, Eogondwana da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. *An Acad Bras Cienc* 67: 117-128.
- MILLAN JH and DOLIANITI E. 1977. Esfenófitas do Eogondwana de Cerquilha, São Paulo (Bacia do Paraná). 1 - Gênero *Paracalamites*. *An Acad Bras Cienc* 49: 469- 477
- MILLAN JH and DOLIANITI E. 1979. Esfenófitas do Eogondwana de Cerquilha, São Paulo (Bacia do Paraná). 3 - Gênero *Phyllothea*. *Bol Asoc Latinoamer Paleobot Palinol* 6: 1 - 4.
- MILLAN JH and DOLIANITI E. 1980a. Esfenófitas do Eogondwana de Cerquilha, São Paulo (Bacia do Paraná), Brasil. 2 - Gênero *Stephanophyllites*. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFIA, 2., CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA, 1., Actas...Buenos Aires, v. 4, p. 113-127.
- MILLAN JH and DOLIANITI E. 1980b. Sobre um novo "fertiliger" no Eogondwana de Cerquilha, São Paulo (Bacia do Paraná), Brasil. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFIA, 2., CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA, 1., Actas...Buenos Aires, v. 4, p. 128–134.
- MILLAN JH and DOLIANITI E. 1981. Cordaitales do Eogondwana de Cerquilha, São Paulo (Bacia do Paraná). *An Acad Bras Cienc* 53: 807-815.
- MILLAN JH and DOLIANITI E. 1982. Sobre a presença de *Rubidgea* no Eogondwana de Cerquilha, Subgrupo Itararé de São Paulo. *Bol IG-USP* 13: 56–65.

- MUSSA D. 2000. Paleobotânica. In: CARVALHO IS (Ed.), Paleontologia. Rio de Janeiro: Interciência, p. 231-326.
- NAGALLI JT and CONSONI JOC. 1987. Comportamento faciológico do intervalo que encerra as camadas de carvão na região de Cerquilho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Anais...Rio de Janeiro: SBG, v. 2, p. 914–982.
- PIÉRART P. 1962. Distribution stratigraphique et géographique des mégaspores du Paleozoïque. *Pollen et Spores* 4(2): p. 370.
- PIÉRART P. 1975. Systématique, distribution stratigraphique et géographique des mégaspores du Carbonifère et du Permien. In: CONGRÈS INTERNATIONAL DE STRATIGRAPHIE ET DE GÉOLOGIE DU CARBON, 7., Kiefeld: Compte Rendus, 4: 93-102.
- PIÉRART P. 1981. Stratigraphical and geographical distribution of Gondwana megaspores. In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 5., Wellington, 1980. Selected papers and abstracts. Wellington. p. 19 - 21.
- PIÉRART P. 1984. Les mégaspores du Carbonifère et du Gondwana inférieur de l'Afrique et de l'Amérique du Sud. *Bull Scea Acad Scea Outre-Mer* 28(2): 155 - 163.
- RAVEN PH, EVERT RF, EICHHORN SE. 2003. *Biology of Plants*, 6 ed., New York: W.H. Freeman and Company Worth Publishers, 944 p.
- RICARDI-BRANCO F and BERNARDES-DE-OLIVEIRA MEC. 2000. *Gangamopteris roesleri* sp. nov., da Taoflora eopermiana de Cerquilho (SP), Grupo Tubarão, Bacia do Paraná, Brasil. *Rev Univ Guar Geo (special number)*: 44–48.

- RICARDI-BRANCO F and TORRES MR. 2003. Licófitas presentes na Formação Rio Bonito (Permiano Inferior) na área de Figueira, PR. Rev Bras Paleo 6: 19 – 28.
- RICARDI-BRANCO F, BERNARDES-DE-OLIVEIRA ME and GARCIA MJ. 1999. Novos elementos tafoflorísticos da Formação Assistência, Subgrupo Irati, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, provenientes de Angatuba (SP), Brasil. Geo 4(6): 85-95.
- RICARDI-BRANCO F, ARAI M and RÖSLER O. 2002. Megaspores from coals of the Triunfo Member, Rio Bonito Formation (Lower Permian), northeastern Paraná State, Brazil. An Acad Bras Cienc 74(3): 491-503.
- ROCHA-CAMPOS AC, CANUTO JR and SANTOS PR. 2000. Late Paleozoic glaciotectionic structures in northern Paraná Basin, Brazil. Sed Geol 130: 131–143.
- ROHN R. 1987. A Flora de *Glossopteris* primitiva de Cerquilha Velho, Formação Tietê, Permiano Inferior, SP. Brasil: Guia da Excursão. Paleobot Latinoamer 8: 25–30.
- ROHN R. 1997. Plant megafossil occurrences in the Teresina and Rio do Rasto Formations (Upper Permian of the Paraná Basin) in the state of Santa Catarina, Brazil. Rev Geo II Univ Guar (Nº especial): 49-57.
- ROHN R and LAGES L. 2000. Lower Permian sphenopsids from Cerquilha, Northeastern Paraná Basin, Brazil. Rev Paléobiol 19: 359–379.
- SANTOS PR, ROCHA-CAMPOS AC and CANUTO JR. 1996. Patterns of Late Palaeozoic deglaciation in the Paraná Basin, Brazil. Palaeo3 125: 165-184.

SOUZA PA. 2006. Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, Northeastern Paraná Basin, Brazil. *Rev Palaeobot Palyn* 138(1): 9-29.

SOUZA PA and MARQUES-TOIGO M. 2003. An overview on the Palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Rev Mus Arg Cienc Nat* 5(2): 205-214.

SOUZA PA, AMARAL PGC and BERNARDES-DE-OLIVEIRA MEC. 2006. A Late Carboniferous palynoflora from the Itararé Subgroup (Paraná Basin) in Campinas, São Paulo State, Brazil. *Rev Micropaléont* 49(2): 105-115.

STEWART WN and ROTHWELL GW. 1993. *Paleobotany and the evolution of plants*. Cambridge University Press. Cambridge: 521 p.

SURANGE KR. 1966. *Indian fossil Pteridophytes*. Council of Scientific & Industrial research. New Delhi: 216 p.

TAYLOR TN and TAYLOR EL. 1993. *The biology and evolution of fossil plants*, 1^a ed., Nova Jersey: Prentice-Hall, 982 p.

Legends of the figures

Figure 1: Localization of the studied areas: Cerquilha and the Sítio Itapema Outcrop, in the São Paulo State; Quitéria Outcrop, in the Rio Grande do Sul State.

Figure 2: *Lycopodites* sp.

A) General view of the availed material (GP/3T 2276 – graphic scale corresponding to 10.0 mm);

B) Detail of the apical portion of Fig. 2 A, demonstrating a microphyll attached to the stem and pointing the presence of sporangia (graphic scale corresponding to 10.0 mm);

C) Detail pointing the sporangia of Fig. 2 B (graphic scale corresponding to 1.0 mm);

D) Detail of a sterile microphyll with incurved basis and a central nervure (graphic scale corresponding to 5.0 mm).

Figure 3: *Lycopodites riograndensis*

A) General view of the availed material (PbU 038 – graphic scale corresponding to 10.0 mm);

B) Detail of the round form microphylls from the basal to the apical portion (PbU 262 – graphic scale corresponding to 10.0 mm);

C) Detail of the basal round form and the apical sharp form of the microphylls (PbU 190 – graphic scale corresponding to 5.0 mm);

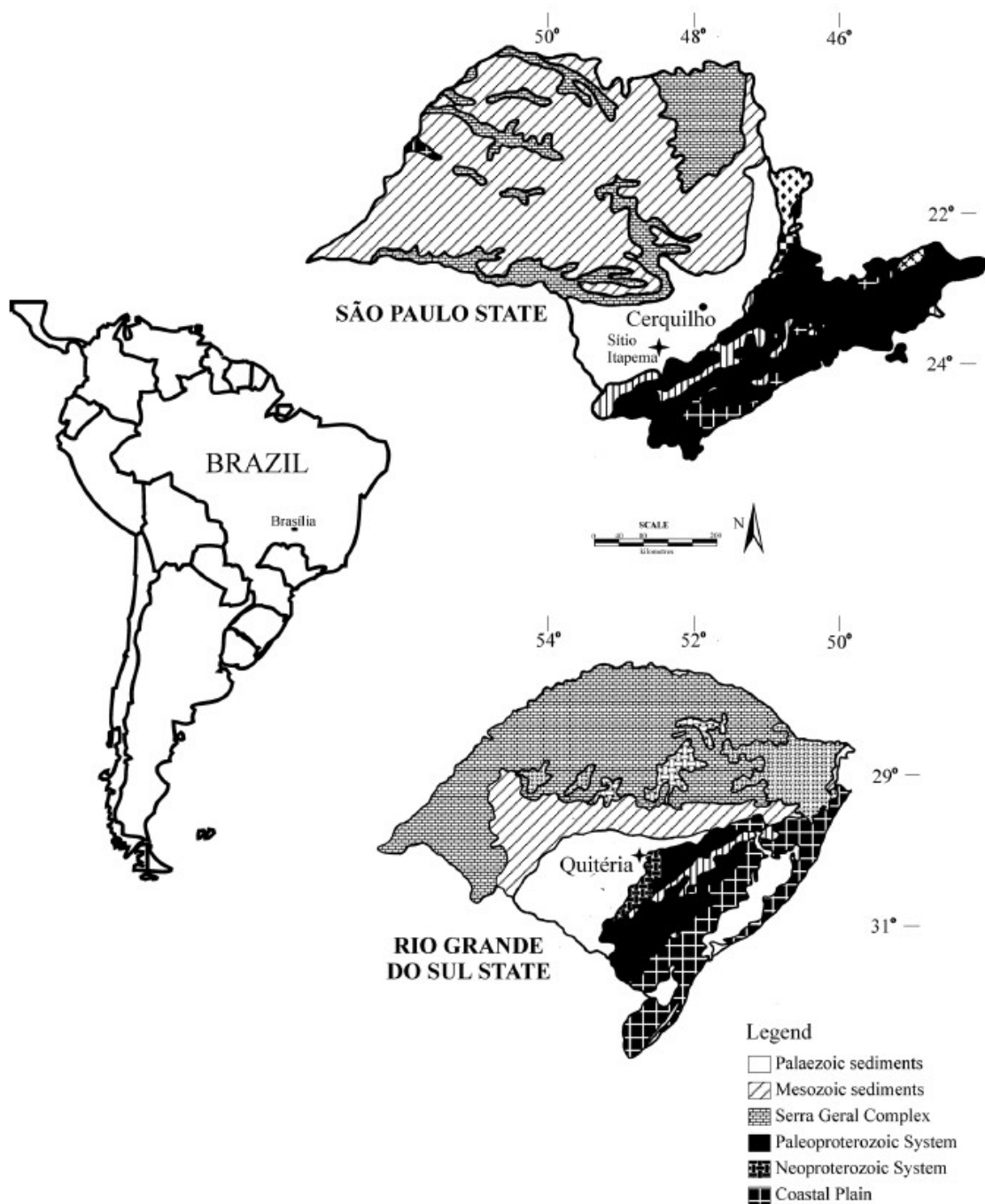
D) Detail of the Fig. 3 C with the distribution of sporangia at the right side (graphic scale corresponding to 5.0 mm);

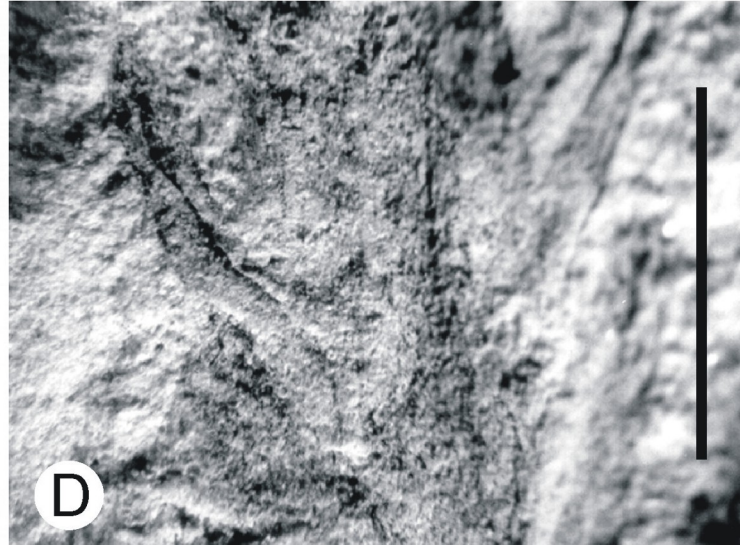
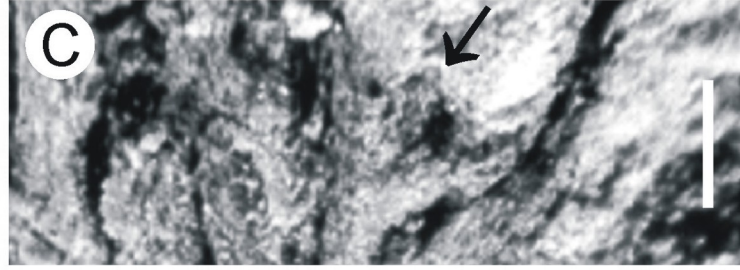
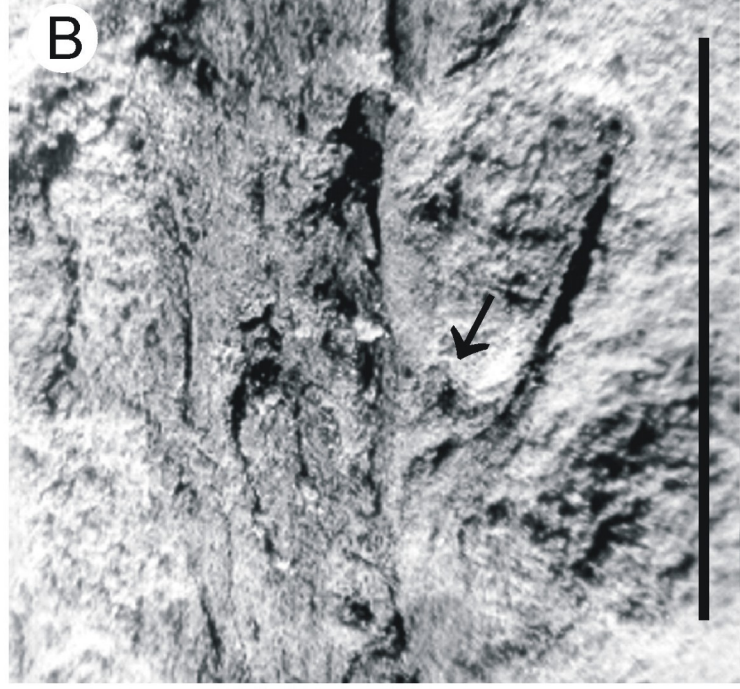
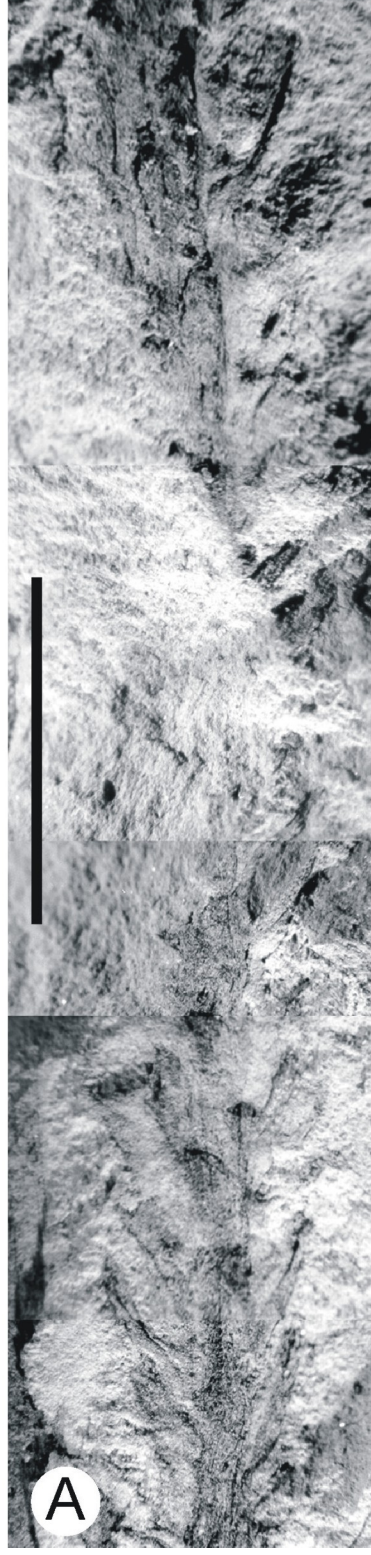
E) Detail of helicoidal distribution of the microphylls at the stem with attached sporangia (PbU 190 – graphic scale corresponding to 5.0 mm);

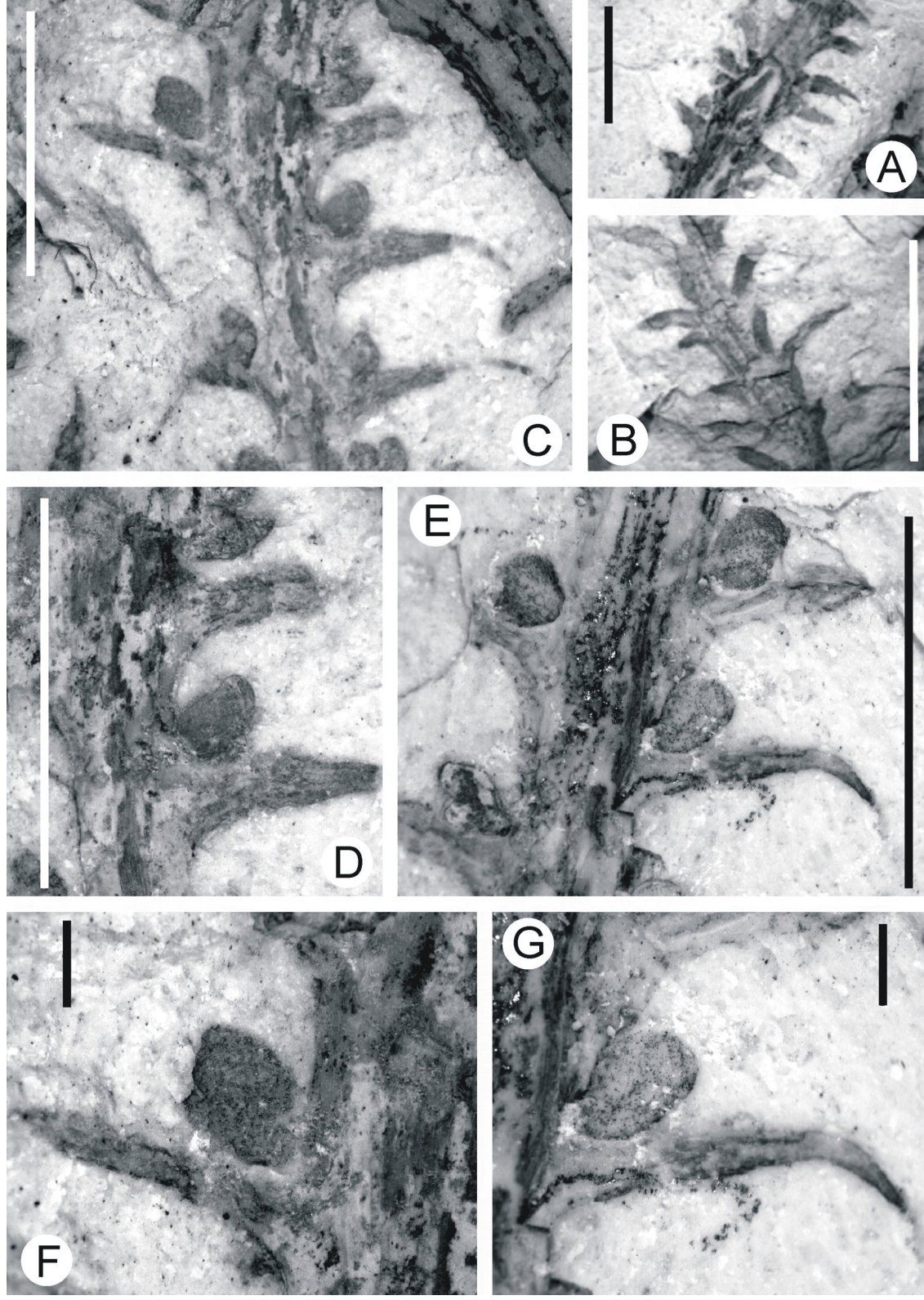
F) Detail of Fig. 3 C demonstrating a sporangia at the left side (PbU 190 – graphic scale corresponding to 1.0 mm);

G) Detail of Fig. 3 E demonstrating a sporangia at the right side (PbU 190 – graphic scale corresponding to 1.0 mm).

Figure 4: Distribution of the genus *Lycopodites* during the time.







Era	Time Period	Species	Geographical Distribution							
			Central Europe	Occidental Europe	North America	South America	India	Australia & New Zeland		
Cenozoic	Quaternary Tertiary									
Mesozoic	Cretaceous	<i>L. cretaceum</i>			X					
		<i>L. marylandica</i>			X					
		<i>L. teilhardi</i>		X						
		<i>L. dichotoma</i>	X							
Mesozoic	Jurassic	<i>L. sewardi</i>		X						
		<i>L. arberi</i>						X		
		<i>L. victoriae</i>						X		
		<i>L. victoriana</i>								
Mesozoic	Triassic	<i>L. scanicus</i>		X						
		<i>L. sahnii</i>					X			
		<i>L. gracilis</i>					X			
		<i>L. gracilis</i>								
Mesozoic	Permian	<i>L. sp.</i>				X				
		<i>L. riograndensis</i>				X				
Paleozoic	Carboniferous	<i>L. pendulus</i>		X	X					
		<i>L. meeki</i>		X	X					
		<i>L. carbonaceous</i>	X	X						
		<i>L. zeilleri</i>	X							
		<i>L. denticulatus</i>		X						
		<i>L. macrophyllous</i>		X						
		<i>L. leptostachys</i>		X						
		<i>L. stockii</i>		X						
		Paleozoic	Devonian	<i>L. amazonica</i> (?)				X		
				<i>L. oosensis</i>	X					
<i>L. hostimensis</i>	X									

3 DISCUSSÃO GERAL

Jasper *et al.* (2005), Jasper *et al.* (2006) e Guerra-Sommer *et al.* (2008) destacam que a associação vegetal que se preservou no Afloramento Quitéria, de onde provém parte do material aqui estudado, era constituída de um estrato arbóreo dominante formado por *Brasilodendron pedroanum*. Já o soto-bosque seria formado por elementos como *Botrychiopsis valida*, *Coricladus quiteriensis*, rodopterídeas e *Lycopodites* sp.

Todavia, com o presente estudo, além da confirmação da vinculação das formas encontradas no Afloramento Sítio Itapema com o gênero *Lycopodites*, foi possível definir a existência de uma nova espécie do gênero ocorrendo especificamente no soto-bosque da associação do Afloramento Quitéria, ou seja, *Lycopodites riograndensis* (Salvi *et al.*, 2008).

A presença de licófitas herbáceas nas duas áreas de estudo comprova a complexidade da composição florística dos ambientes do Permiano Inferior preservados na Bacia do Paraná e permite dizer que estes vegetais contribuíram como biomassa para a formação dos carvões permianos na Bacia.

Atualmente, os combustíveis fósseis, entre eles o carvão mineral, são amplamente utilizados pela humanidade como fonte de energia. O consumo destes combustíveis fósseis contribui para o incremento de gases poluentes do ar, principalmente o dióxido de carbono resultante da queima e utilização de petróleo, gás natural e carvão mineral.

Diante deste cenário de degradação ambiental, é de extrema importância que estudos busquem conhecer a evolução dos biomas naturais e as características dos vegetais formadores destas reservas energéticas.

Com a definição destas características é possível fazer uma ampla avaliação das condições ambientais globais pretéritas, atuais e vindouras, relacionadas à formação e ao consumo de combustíveis fósseis.

4 CONCLUSÕES

A partir do exposto no presente trabalho pode-se concluir que:

- 1) A análise do exemplar proveniente do Afloramento Sítio Itapema, permitiu a identificação de características típicas de vegetais do gênero *Lycopodites* como ausência de lígula, presença de micrófilos uninervios e esporângios sobre a axila de esporófilos. Entretanto, devido ao mau estado de preservação do exemplar, não foi possível enquadrar o espécime dentro das espécies de *Lycopodites* descritas até o momento, optando-se desta forma por classificá-lo como *Lycopodites* sp.
- 2) Os espécimes encontrados no Afloramento Quitéria puderam ser claramente incluídos no gênero *Lycopodites* por apresentarem hastes densamente cobertas por micrófilos com distribuição helicoidal e possuem esporângios ovalado-helicoidais claramente preservados nas porções basais das faces adaxiais dos micrófilos. Todavia, o material possui características singulares que não permitem relação com nenhuma das espécies descritas para o gênero. Optou-se, portanto, na criação de uma nova espécie, aqui descrita como *Lycopodites riograndensis*.
- 3) As ocorrências de *Lycopodites* registradas para o Gondwana, exceto *Lycopodites amazonica*, descrita por Dolianiti (1967) para o Devoniano; estão associadas, segundo Chaloner (1967) ao Mesozóico. Assim, as formas herbáceas descritas neste trabalho para a Bacia do Paraná são as estruturas férteis mais antigas do Hemisfério Sul.

- 4) A comprovação da ocorrência de licófitas do gênero *Lycopodites* no Afloramento Sítio Itapema e Afloramento Quitéria permite inferir uma correlação paleofitogeográfica entre as duas áreas e corrobora a hipótese que a Bacia do Paraná foi habitada por este grupo vegetal desde os mais antigos registros do Carbonífero (Pennsylvaniano – Souza et al. 2006) até os mais jovens do Permiano (Rohn, 1997). Essa distribuição e seu avanço até o sul do Gondwana ocidental podem ter acontecido através da migração de licófitas do Hemisfério Norte.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS H N. 1961. Studies in Paleobotany. John Wiley & Sons, New York.

BATEMAN R M, DIMICHELE WA and WILLARD DA. 1992. Experimental cladistic analysis of anatomically preserved arborescent lycopsids from the Carboniferous of Euramerica: an essay on paleobotanical phylogenetics. Ann Missouri Bot Gard 79: 500-559.

CHALONER W. 1967. Lycophyta. In: BOUREAU E (Ed.), *Traité de Paleobotanique*. Tome II. Bryophyta, Psilophyta et Licophyta. Masson et Cie Editeurs. Paris, p. 437 – 802.

DIMICHELE WA and SKOG JE. 1992. The Lycopsida: A symposium. Ann Missouri Bot Gard 79(3): 447-449.

DOLIANITI E. 1967. Uma licopodiacea do Devoniano do Amazonas. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, 1., Atas...Belém: CNPq, p. 141 – 144.

GENSEL PG. 1992. Phylogenetic relationships of the zosterophylls and lycopsids: evidence from morphology, paleoecology, and cladistic methods of inference. Ann Missouri Bot Gard 79(3): 450-473.

- GUERRA-SOMMER M, CAZZULO-KLEPZIG M, JASPER A, KALKREUTH W, MENEGAT R and BARBOZA EG. 2008. Paleoeological patterns at the coal-*roof shale* transition in an outcrop of the Permian Brazilian Gondwana. *Rev Bras Paleo* 11(1), *In press*.
- HUEBER FM. 1992. Thoughts on the early lycopsids and zosterophylls. *Ann Missouri Bot Gard* 79: 474-499.
- JASPER A, GUERRA-SOMMER M. 1998. Licófitas cormofíticas arborescentes do Afloramento Quitéria – Formação Rio Bonito (Bacia do Paraná), RS. *Rev Pesq* 25(1): 43-60.
- JASPER A, RICARDI-BRANCO F and GUERRA-SOMMER M. 2005. *Cori cladus quiteriensis* gen. et sp. nov., a new conifer in Southern-Brazil Gondwana (Lower Permian, Paraná Basin). *An Acad Bras Cienc* 77(1): 157-168.
- JASPER A, MENEGAT R, GUERRA-SOMMER M, CAZZULO-KLEPZIG M and SOUZA PA. 2006. Depositional cyclicity and paleoecological variability in Quitéria outcrop – Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Jour South Amer Earth Scienc* 21(3/4): 276 – 293.
- JUDD WS, CAMPELL CS, KELLOGG EA and STEVENS PF. 2002. *Plant Systematics – A Phylogenetic Approach*. Sinauer Associates Inc. Publishers. Massachussets, 464 p.
- MUSSA D. 2000. Paleobotânica. In: CARVALHO IS (Ed.), *Paleontologia*. Rio de Janeiro: Interciência, p. 231-326.
- NIKLAS KJ and BANKS HP. 1990. A reevaluation of the Zoosterophyllophytina with comments on the origin of the lycopods. *Amer J Bot* 77: 274-283.

- OLGAARD B. 1992. Neotropical Lycopodiaceae – an overview. *Ann Missouri Bot Gard* 79(3): 687-717.
- SALVI J, JASPER A, RICARDI-BRANCO, F, BERNARDES-DE-OLIVEIRA, MEC and GUERRA-SOMMER M. 2008. Record of the genus *Lycopodites* in the Lower Permian of Paraná Basin, Brazil. *An Acad Bras Cienc. In press.*
- ROHN R. 1997. Plant megafossil occurrences in the Teresina and Rio do Rasto Formations (Upper Permian of the Paraná Basin) in the state of Santa Catarina, Brazil. *Rev Geo II Univ Guar (Nº especial)*: 49-57.
- SOUZA PA, AMARAL PGC and BERNARDES-DE-OLIVEIRA MEC. 2006. A Late Carboniferous palynoflora from the Itararé Subgroup (Paraná Basin) in Campinas, São Paulo State, Brazil. *Rev Micropaléont* 49(2): 105-115.
- TAYLOR TN and TAYLOR EL. 1993. *The biology and evolution of fossil plants*, 1ª ed., Nova Jersey: Prentice-Hall, 982 p.
- TIMS JD and CHAMBERS TC. 1984. Rhyniophytina and Trimerophytina from the early land flora of Victoria, Australia. *Palaeo* 27: 265-279.
- WAGNER WH Jr and BEITEL JM. 1992. Generic classification of modern North American Lycopodiaceae. *Ann Missouri Bot Gard* 79(3): 676-686.