

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
MESTRADO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da  
ocorrência de incêndios vegetacionais durante o  
Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do  
Sul, Brasil.

Marjorie Kauffmann

Lajeado - RS  
2008

Marjorie Kauffmann

Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Centro Universitário UNIVATES, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. André Jasper

Lajeado  
2008

Marjorie Kauffmann

Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento do Centro Universitário UNIVATES como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. André Jasper

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Neli Teresinha Galarce Machado  
Centro Universitário Univates (UNIVATES)

---

Prof. Dr. Solon Jonas Longhi  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Soraia Girardi Bauermann  
Universidade Luterana do Brasil (ULBRA)

*... Heróis Existem*

*Nem sempre são grandes, fortes ou têm super poderes*

*Não matam, mas morrem*

*Também não são de outro mundo*

*São daqui mesmo*

*Não usam disfarces nem máscaras*

*Não tem identidade secreta*

*Nem têm nada a esconder de ninguém*

*Aparecem sempre quando a gente acha*

*Que não há mais como escapar*

*E resolvem tudo*

*Heróis existem...*

*(autor desconhecido)*

UNIVATES

*Aos meus Heróis Particulares,*

*Pai, Mãe, Naty e Vô Telmo...*

*Dedico...*

## AGRADECIMENTOS

*Ao professor Dr. André Jasper pela orientação, pelas risadas, pelo apoio e dedicação constantes.*

*Ao Brazilian Zentrum e FAPERGS, pela oportunidade de intercâmbio Brasil – Alemanha.*

*Ao professor Dr. Hermutt Schutz e a Cornélia Dingle, pela paciência e atenção e carinho.*

*À Cátia pela compreensão e apoio em todos os momentos.*

*Aos amigos, Isa, Wolfram e Guilherme, pelo apoio e conforto enquanto estive longe do meu porto seguro.*

*Aos amigos e colegas do Setor de Botânica e Paleobotânica da UNIVATES.*

*À Família que esteve e está presente incondicionalmente em minha vida.*

*Aos amigos do peito, aos que muito participaram, aos que contribuíram com a torcida, enfim a todos que sempre me deixaram a certeza de nunca estar só.*

*A Deus, pois todos DEVEM acreditar em algo superior.*

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Distribuição das amostras de acordo com a profundidade do solo ao longo do testemunho, correlacionando-as com idades estabelecidas por Behling *et al.* (2003) e definindo o número de fragmentos de *charcoal* encontrados em cada uma .....35,36
- Tabela 2. Dados estatísticos da Correlação entre as variáveis profundidade do solo e quantidade de *charcoal* identificada ..... 41

UNIVATES

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Esquema demonstrativo das fontes de combustível para incêndios vegetacionais em uma formação florestal: 1) folhada, 2) aéreo superficial, 3) aéreo elevado (retirado de Fernandes *et al.* [2002], B\_7).....24
- Figura 2. Mapa de localização do ponto de coleta do material estudado (município de Cambará do Sul), com destaque para a sua posição no sistema Serra Geral (Campos de Cima da Serra - CCS) .....31
- Figura 3. Fragmentos de *charcoal* preparados para observação sob Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV): A) vista geral; B) vista em detalhe .....33
- Figura 4. Microfotografias eletrônicas de fragmentos de *charcoal* estudados: A) amostra I, com destaque para os elementos de vaso; B) amostra II, com destaque para os elementos de vaso; C) amostra III, com destaque para as extremidades dos elementos de vaso; D) amostra IV, com destaque para os elementos de vaso .....37
- Figura 5. Microfotografias eletrônicas de fragmentos de *charcoal* estudados: A) amostra V, com destaque para os elementos de vaso; B) amostra VI, com destaque para as aberturas apicais dos elementos de vaso; C) amostra VII, com destaque para os elementos de vaso; D) amostra VIII, com destaque para as pontuações internas dos elementos de vaso .....38
- Figura 6. Microfotografias eletrônicas de fragmentos de *charcoal* estudados: A) amostra IX, com destaque para os elementos de vaso; B) amostra X, com destaque para um elemento de vaso; C) amostra XI, com destaque para os elementos de vaso; D) amostra XII, com destaque para os elementos de vaso .....39
- Figura 7. Microfotografias eletrônicas de fragmentos de *charcoal* estudados: A) amostra XIII, elementos de vaso; B) amostra XIV, porções de tecido parenquimatoso e de elementos de vaso; C) amostra XV, porção de elemento de vaso; D) amostra XVI, conjunto de elementos de vaso.....40

## SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO .....	13
II. CAMPOS DE CIMA DA SERRA .....	18
III. ECOLOGIA DO FOGO .....	22
IV. A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA OCORRÊNCIA DE CHARCOAL EM TESTEMUNHO DE TURFEITA NA ÁREA DE ESTUDO .....	27
V. MATERIAIS E MÉTODOS .....	30
VI. RESULTADOS .....	35
VII. DISCUSSÃO .....	43
VIII. CONCLUSÃO .....	48
IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## RESUMO

A avaliação dos processos de formação, evolução, manutenção e estabilidade dos ecossistemas tem se tornado cada vez mais significativa nos estudos atuais em ecologia. Na tentativa de esclarecer a evolução dos biomas durante o tempo, um dos elementos que vem sendo utilizado é o acompanhamento das variações florísticas ocorridas nos mesmos, tendo em vista que as plantas são excelentes marcadores ambientais. Uma das formas de registro relacionado à vegetação é o *charcoal*, o qual é prova direta da ocorrência de incêndios vegetacionais e seu estudo se torna um procedimento fundamental para o entendimento da evolução dos ambientes, permitindo, assim, a interpretação do passado e o estabelecimento de parâmetros de variação ambiental, atuais e futuros. Com base na importância deste tipo de registro, avaliou-se aqui a presença ou não de *charcoal* em amostras de turfeira coletadas no município de Cambará do Sul, situado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Utilizando parâmetros específicos, foram identificados em laboratório

fragmentos com características de *charcoal*, os quais foram separados e avaliados sob Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). A partir das análises em MEV foi possível identificar a ocorrência de *charcoal* em todos os intervalos de profundidade, variando, todavia, quanto à quantidade. A idade dos *charcoal* foi definida entre 0 e 31.764,71 anos, sendo possível concluir que em cada uma das amostras avaliadas, os quais, em termos de tempo correspondem aproximadamente a 1.000 anos, existiu pelo menos um grande evento de incêndio. Assim, foi possível confirmar que a ocorrência de incêndios vegetacionais de origem ainda indefinida, é um evento relativamente comum e recorrente na área de estudo. Conseqüentemente, quando houver novas discussões em relação aos fatores importantes na manutenção dos Campos de Cima da Serra como sistema consolidado, é fundamental que se leve em consideração que o fogo é elemento natural integrante do mesmo.

Palavras – chave: incêndios vegetacionais, sistema de campos de cima da serra, microscopia eletrônica de varreduta (MEV), evolução de biomas terrestres.

## ABSTRACT

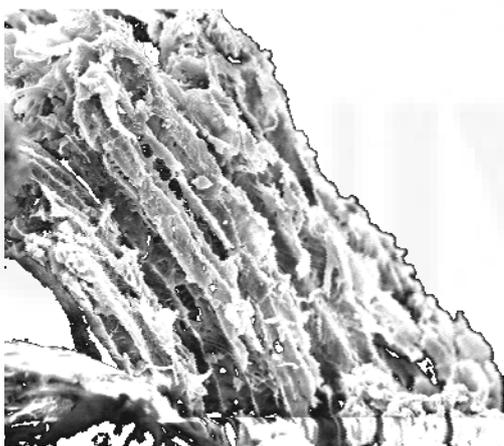
The evaluation of the processes involved in the formation, evolution, maintenance and stability of the ecosystems is more and more significant in the actual ecology studies. In the intend to clear the evolution of the biomes during the time, one of the elements that had been used is the analyses of the floristic variations, given that the plants are excellent environmental markers. One of the forms of register from the vegetations is charcoal, which is a proxy of wildfire. This study permits the evaluation of the past and the establishment of actual and future environmental variation parameters. Based on the importance of this registers, presence of charcoal in a actual mire, from Cambará do Sul, northeast of the Rio Grande do Sul State, is investigated. Using specifically parameters, charcoal are identified in laboratory and observed in Scanning electronic microscope (SEM). After them it was possible to identify the occurrence of charcoal in all the analyzed levels, were are defined as between 0 and 31,764.71 years old. Each of the intervals was 1.000 years, and it was possible to infer that all of them occurred one big wildfire event. So it was possible to confirm that the occurrence of wildfires, from undefined origin, is an recurrent event in the studied area. Nevertheless, if will occur new discussions about the most important factors there are involved in the maintenance of the Campo de Cima da Serra system, it will be fundamental to consider the fire as an natural element integrated to it.

Keywords: wildfires, Campo de Cima da Serra system, Scanning electronic microscope (SEM), evolution of terrestrial biomes.

1.

## INTRODUÇÃO

---



Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

## I. INTRODUÇÃO

O estudo dos biomas terrestres tem se voltado cada vez mais aos processos ambientais envolvidos na sua formação, manutenção e estabilidade, tendo em vista que a determinação dos fatores responsáveis pela sua evolução poderá definir e orientar ações de preservação e recuperação (SCOTT, 2000; UHL & KERP, 2003; UHL *et al.*, 2004; JASPER *et al.*, 2007).

Partindo deste princípio é fundamental considerar os diversos elementos que podem contribuir para a constante evolução dos biomas e ecossistemas, como por exemplo, os eventos geológicos, a ação de pragas e ocorrências de incêndios vegetacionais (POTT, 2005).

Concomitantemente a ação do fogo como processo natural modelador de ambientes e componente fundamental da evolução dos biomas é fato completamente aceito no mundo científico (GUTSELL & JOHNSON, 2007; ZEDLER, 2007). Jasper *et al.* (2007) confirmam três possíveis

origens naturais para os incêndios, ou seja seus processos de ignição, sendo eles: **aquecimento global** (PYNE, 1982; SCOTT, 1989), **atividades vulcânicas** (KEMP, 1981; RÖSSLER, 2001; SCOTT, 2000) e **meteorítica** (SAITO *et al.*, TSCHUDY & TSCHUDY, 1986).

Segundo Pyne (1982), o fogo vem destruindo a vegetação terrícola desde que esta tem habitado a face da terra. De acordo com Brown (2000) e Paysen *et al.* (2000), em ecossistemas caracterizados pela ocorrência de uma estação seca bem definida, estes eventos ocorrem regularmente e, em vegetações propícias a incêndios, os mesmos chegam a ocorrer anualmente. Mesmo quando a vegetação é mais úmida, como ocorre nas florestas tropicais úmidas, os incêndios vegetacionais naturais são comuns e tendem a ocorrer após secas severas, (JOHNSON, 1984). Até mesmo sistemas como turfeiras, os incêndios podem ser considerados freqüentes, tendo em vista que, como define Scott (2000), mesmo que nóxicos, são ambientes com consideráveis reservas de material inflamável.

A partir do momento em que se aceita a importância do fogo no processo de formação e evolução de biomas é possível se reportar a biomas singulares como é o caso dos Campos de Cima da Serra (CCS), no Rio Grande do Sul, que é motivo de questionamento constante, quanto a sua fisionomia devido ao clima aparentemente adequado à composição de florestas (QUADROS & PILAR, 2002). Soares (1990), afirma que para a espécie *Araucaria angustifolia*, um dos componentes arbóreo dos Campos de Cima da Serra, o fogo é importante fator na expansão e regeneração, considerada dependente do mesmo. Behling *et al.* (2004) nas suas discussões

sobre a dinâmica do sistema campo/floresta na região usa o registro de incêndios vegetacionais naturais como argumento para estabelecer padrões evolutivos para o bioma.

Ainda no sentido de origem dos incêndios vegetacionais, deve também, em períodos mais recentes, ser considerada a influência antrópica, a qual, conforme Leão (2000) tem origem associada a ação de povos primitivos e, especificamente no Brasil, as populações indígenas. Esse argumento é duramente refutado por Leonel (2000), que questiona a idéia de que o fogo descontrolado seja um "legado indígena" e afirma que o uso descontrolado do fogo é prática dos neobrasílicos, que a partir da colonização européia passaram a dominar a agricultura brasileira através de sistemas de *plantations*.

Entendendo a ação humana como uma intensa reprodução dos eventos naturais ocorrentes no planeta, é questionável o controle drástico no uso dessas práticas. Pensar que o fogo sempre existiu e que da ação dele resultaram os biomas hoje existentes, e mais, depositar nele os méritos da manutenção de tipos florísticos específicos como os campos, leva a crer que deve ser repensada a forma mais eficiente de não interferir nos ciclos naturais do planeta. Segundo Silva (1998), o fogo por si só não é bom nem ruim, mas é um instrumento à disposição, o qual, se usado com coerência e responsabilidade é positivo.

De qualquer forma, o estudo da ocorrência de eventos como incêndios, são o passo inicial para o entendimento de situações atuais. Para evidenciar a ocorrência de incêndios vegetacionais, Behling *et al.* (2003)

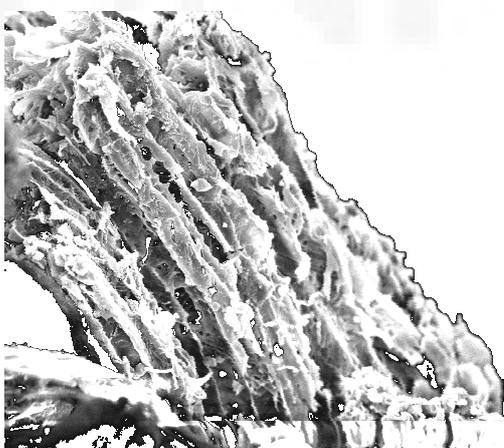
usaram análise de fitoclastos no sentido amplo. Porém é amplamente aceito que a ocorrência de "carvão vegetal" (*charcoal* – *sensu* SCOTT, 1989; JONES & CHALONER, 1991; SCOTT, 2000) é o indicativo direto mais confiável da ocorrência/manifestação de incêndios vegetacionais em ambientes pretéritos e atuais. Isto se deve ao fato de que este componente é produzido em larga escala nos eventos de incêndio em episódios da história da Terra (HARRIS, 1958; SCOTT, 1989; 2000). Em estudos mais recentes, Scott & Glasspool (2006, 2007) afirmam que em sistemas Quaternários, devido à impossibilidade temporal de formação de outros indícios (como fusinita e semifusinita) o *charcoal* seria a única forma de confirmar a ocorrência de incêndios vegetacionais. Além disso, o *charcoal* conserva em grande parte as estruturas anatômicas características de lenhos, o que confere grande segurança à amostragem (JASPER *et al.*, 2007).

Com base na problemática que envolve a origem, evolução e manutenção do sistema CCS e da importância do fogo nesse processo tanto no passado quanto na atualidade, pretende-se, aqui, identificar a ocorrência ou não de *charcoal* em testemunho de turfeira associada a este sistema florístico no Planalto das Araucárias, estado Rio Grande do Sul, Brasil, entendendo esses registros como comprovação da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário na área de estudo. Além disso, a partir dos resultados, objetivou-se correlacionar a antiguidade e a frequência das manifestações desses fenômenos com a situação sócio-econômica-ambiental daquela área.

II.

## CAMPOS DE CIMA DA SERRA

---



Fragmentos de carvão (*charcoal*)  
como indicativo da ocorrência de  
incêndios vegetacionais durante o  
Quaternário do Planalto das  
Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

## II. OS CAMPOS DE CIMA DA SERRA

Para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se por utilizar a terminologia de Teixeira & Neto (1986) que se referem à região que compreende a área de estudo como “Campos de Cima da Serra”, (CCS), no estado do Rio Grande do Sul e que resulta de uma associação de campo e floresta.

A composição florística atual descrita por Teixeira & Neto (1986) para os CCS é considerada bastante singular, sendo composta por representantes de grupos herbáceo-arbustivos como *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntz., *Scleria secans*(L.), com fragmentos isolados de vegetação arbórea constituída por elementos como *Podocarpus lambertii* (Klotzsh ex Eichler.), *Inga uruguensis*(Hook.)\*, *Patagonula americana* (L.), *Luehea divaricata* Mart.\*\*, *Parapiptadenia rigida* (Bentham.) Brenan., *Salix humboldtiana* Willd, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees., *Lithraea brasiliensis* L. Marchand, *Myrceugenia euosma* (Benth.) D. Legrand, dominados por *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Runtze.

Todavia, por se localizar na porção superior do Planalto Setentrional do Rio Grande do Sul, e possuir um clima úmido e de temperaturas baixas, a área é, conforme Quadros & Pillar (2002), propícia à formação de florestas. Nesse momento, no estado, é necessário considerar estudos como o de Behling *et al.* (2003), o qual defende que, devido a fatores mais

determinantes como a altitude e o fogo, teria se desenvolvido a vegetação de campo paralelo, hoje ali registrada. Além disso, ainda segundo Teixeira & Neto (1986), os CCS não seriam formações nativas originais, mas um resultado da modificação do ambiente natural original constituído por uma floresta rica em coníferas.

No caso de ser aceita a premissa de que os CCS não são nativos originais, fica em aberto a questão relacionada à sua gênese. Estando o fogo definido como elemento determinante nesse processo (BEHLING *et al.*, 2003; 2004) e, considerando que para tanto é necessária a avaliação dos processos de ignição, surge o questionamento quanto à sua tipologia (natural ou antrópica).

No caso da origem antrópica, trabalhos como os de Krob (1998) defendem que os antepassados dos índios Kaingang (Guaianás, Coroados, Xogleng e Botocudos) foram responsáveis pela ocupação do planalto gaúcho, e catarinense. No entanto, novas pesquisas acerca do processo de ocupação da área como as de Bublitz (2004) conduzidas a partir da perspectiva de abordagem da história ambiental, responsabilizam a marcha colonizadora européia pelo maior impacto ambiental na área. Mesmo assim, de acordo com Bublitz (2004) no momento da chegada dos primeiros colonos europeus na região dos atuais CCS, a paisagem natural era composta por extensos pinhais de *Araucaria angustifolia*, florestas subtropicais e trechos de vegetação essencialmente campestre.

Segundo Reitz & Klein (1996), no início da colonização italiana, a *Araucaria angustifolia* era utilizada de forma generalizada, nas casas dos

colonos onde tudo era confeccionado com madeira de pinho. Ainda segundo este autor, mais tarde iniciou-se o comércio da *Araucaria angustifolia* no mercado externo, o qual teria tido o seu apogeu entre 1920 e 1960.

Numa avaliação da fisionomia atual da região, Rambo (1956) afirma que a floresta e o campo coexistem de forma que suas porções divisórias não são bem definidas. Todavia, em trabalho mais recente, Duarte *et al.* (2008) define os seguintes elementos como dominantes daquela paisagem: Campo (43%), Mato (28,2%), lavouras de *Pinus* spp. (12,4%) e Banhado/Turfeiras (6,2%). Também, segundo Behling *et al.* (2003) além da *Araucaria angustifolia* e as diferentes práticas agrícolas, o que se observa em larga escala são os florestamentos de *Pinus* spp. Desta forma, observa-se a influência clara de um novo elemento na paisagem, agora representado por um grupo exótico, no caso *Pinus* spp.. Com base nessas avaliações fica mais evidente a característica alterada (não original) dos CCS e a confluência de diferentes sistemas se acentuando. Por fim a questão relacionada à gênese dos CCS não fica esclarecida e ganha novos argumentos diante de estudos como os de Behling *et al.* (2003; 2004) e Quadros & Pillar (2002) os quais definem na região como sendo um mosaico de campo floresta, tendo o fogo, natural ou antropogênico, grande relevância na definição dessa característica.

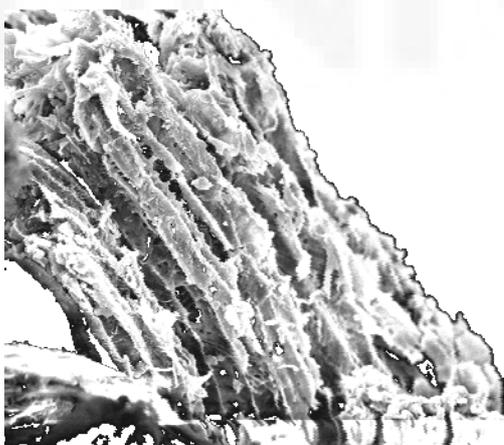
\* nova nomenclatura científica: *Inga vera* Willd

\*\* nova nomenclatura científica: *Cordia americana* (L.) Goottschling & J. E. Mill.

III.

## ECOLOGIA DO FOGO

---



Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

### III. A ECOLOGIA DO FOGO

O processo de evolução de um incêndio vegetacional segue uma ordem lógica, o qual reúne vários fatores essenciais à existência do fogo. Segundo Silva (2002), um incêndio se constitui basicamente, da combustão de materiais cujo controle escapou de alguma forma ao controle humano. Segundo Gutsell & Johnson (2007), para que exista a combustão é indispensável a ação conjunta de três elementos básicos ao início do incêndio, **oxigênio**, **energia** e **material combustível** que formam o chamado o triângulo do fogo. Associados a isto, devem ser considerados os processos de ignição já descritos anteriormente.

Fernandes *et al.* (2002) afirmam que, no decorrer da combustão é possível identificar várias fases do incêndio e discriminá-las. A primeira delas seria a pré-ignição, fase em que ocorre a dessecação e destilação dos materiais, havendo a liberação de vapor d'água e de gases através de um processo de pirólise, o qual decompõe parcialmente os compostos orgânicos (combustíveis florestais).

A presença dos gases e compostos inflamáveis permite, segundo Fernandes *et al.* (2002), o aparecimento das chamas, fase chamada de ignição, e que é o ponto de partida para o processo de combustão com chama. Silva (2002) destaca que, em havendo condições favoráveis, a propagação é independente. Já que o calor da chama é capaz de gerar

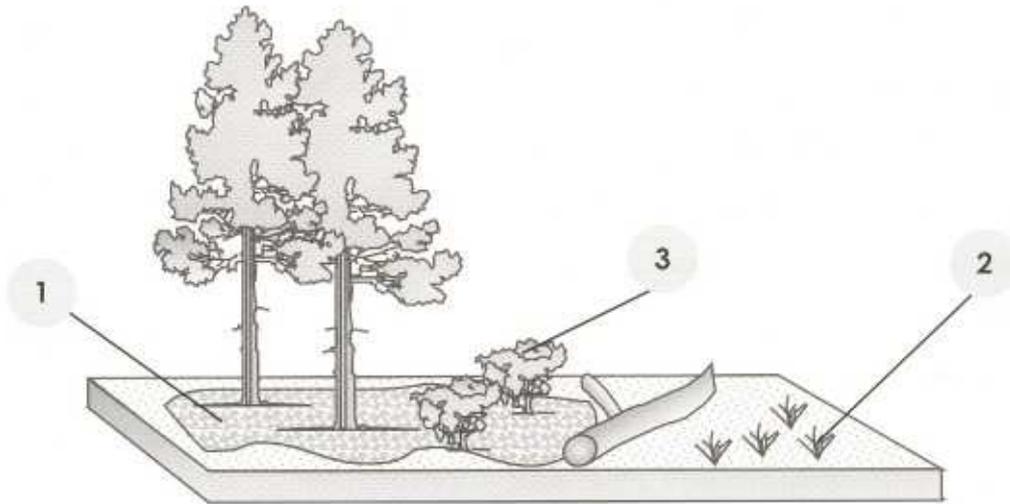
uma nova, fazendo com que o processo se repita, quando não há mais gases suficientes inicia-se a combustão sem chama, momento em que as temperaturas são muito elevadas. Tendo em vista que as mesmas estão em ascensão desde os passos iniciais do incêndio (Fernande *et al.*,2002).

Adicionalmente, partindo de mecanismos como condução, radiação e convecção o calor é transmitido e o fogo se propaga (TREJO, 1996). A condução é gerada através de um meio sólido, o qual conduz a energia presente por toda sua extensão, a radiação se refere as ondas magnéticas e a convecção está relacionada aos movimentos das massas de ar (MACEDO & SARDINHA, 1993).

Outro fator de fundamental importância é o tipo de combustível sobre o qual o incêndio está agindo (neste caso a vegetação), pois a propagação do fogo é dependente das condições de cada ambiente. Conforme Trabaud (1992), o teor de umidade das plantas, gerado pela água presente nos seus tecidos, retarda o aumento da temperatura, causando um atraso na ignição. Silva (1998) reforça esta conclusão e a complementa afirmando que, a relação entre a dimensão dos combustíveis, modificam a velocidade de ignição e o tempo de queima. No caso de incêndios vegetacionais, é possível, conforme Fernandes *et al.* (2002), definir três fontes (tipologias) de combustível: **folhada**, **aéreo superficial** e **aéreo elevado** (Fig. 1).

Silva (2002) destaca que a inflamabilidade e o poder calorífico estão relacionados aos materiais que se encontram na floresta, sendo que, de acordo com a facilidade que a vegetação apresenta para entrar em

ignição será definido o seu nível de inflamabilidade e, dependendo da quantidade de calor liberada durante a combustão da vegetação é estabelecido o seu calor específico.



**Figura 1: Esquema demonstrativo das fontes de combustível para incêndios vegetacionais em uma formação florestal: 1) folhagem; 2) aéreo superficial; 3) aéreo elevado (retirado de Fernandes et al. [2002], B\_7).**

Somando os elementos apresentados, DGF (2004) define a combustibilidade de uma associação vegetal, a qual também estaria intimamente ligada ao arranjo espacial da vegetação, incluindo continuidade vertical e horizontal conforme Gutsell & Johnson (2007), continuidade vegetal gera a propagação do incêndio com mais velocidade, fazendo com que o fogo atinja o topo de uma árvore e posteriormente chegue ao solo próximo à seguinte. No caso da continuidade horizontal, o incêndio segue uma linha e, na maioria das vezes, reduz sua velocidade.

Ainda com base em Gutsell & Johnson (2007) o relevo vem como determinante neste universo de incentivos ou retardes do processo de incêndios vegetacionais. Em zonas com declives acentuados, uma maior velocidade na propagação do incêndio será percebida já que o posicionamento da vegetação permite que as chamas consigam alcançar combustíveis mais inflamáveis das porções mais elevadas. Como agravante, Fernandes *et al.* (2002) sugere a exposição do terreno, gerada pelas inclinações, pois dependendo delas os combustíveis podem estar mais dessecados, o ar mais seco, e o fogo sujeito a maior período de incidência solar.

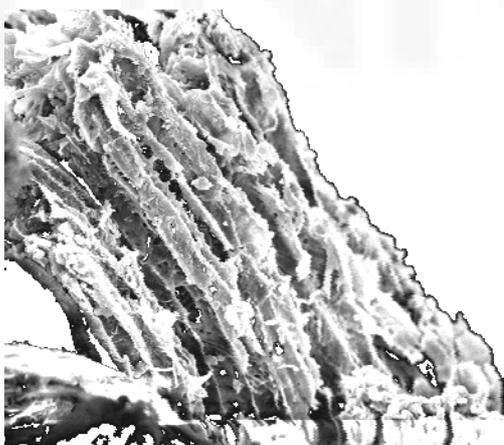
DGF (2004), descreve também como fator determinante das características de um incêndio os fatores meteorológicos. Índices de precipitação, nível de umidade atmosférica, altas temperaturas, e as suas conseqüências nas condições atmosféricas seriam impulsos para a ocorrência e propagação de incêndios.

Com base em todas estas variáveis, Silva & Vasconcelos (2002) classificam os incêndios vegetacionais em **de superfície**, os quais atingem a vegetação herbácea, e arbustiva além da folhada, **de copa**, que atinge copas e a superfície quando há continuidade vertical e, **subterrâneos**, que ocorrem em nível de raízes.

IV.

A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA OCORRÊNCIA DE  
CHARCOAL EM TESTEMUNHO DE TURFEIRA NA ÁREA  
DE ESTUDO

---



Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

#### IV. A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA OCORRÊNCIA DE CHARCOAL EM TESTEMUNHO DE TURFEIRA DA ÁREA DE ESTUDO

Em tradução literal do inglês o termo *charcoal* tem o significado de carvão vegetal. Todavia esta tradução não reflete claramente a sua característica como testemunho da ocorrência de incêndios vegetacionais em áreas definidas, como é a intenção dos pesquisadores do tema (JONES & CHALONER, 1991; SCOTT, 2000). Desta forma optou-se por manter a terminologia em inglês até que seja possível estabelecer um termo mais adequado em português.

Mantém-se também o significado restrito de *charcoal*, que se constitui do resíduo carbonizado de material vegetal dominado pela presença de carbono e desprovido de água e outros componentes voláteis. Além disso, tem cor preta, é poroso, leve e frágil (friável) (JONES & CHALONER, 1991).

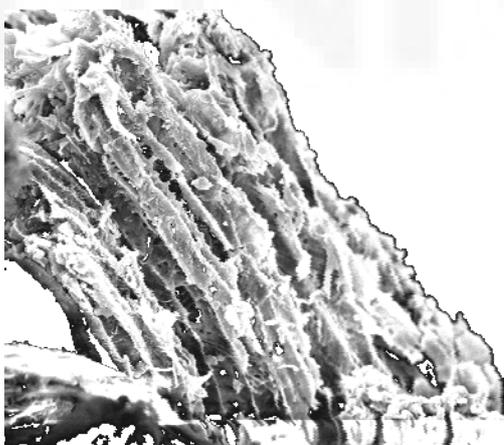
Esta descrição básica reforça o que já foi salientado anteriormente, ou seja, *charcoal* é um indicativo direto da ocorrência de incêndios vegetacionais atuais e pretéritos, sendo que o seu estudo tem amplo potencial nas discussões voltadas à evolução dos biomas terrestres.

Considerando todas variáveis envolvidas na gênese do atual sistema dos CCS, além da possível influência do fogo nesse processo (fatores descritos nos capítulos II e III), optou-se aqui por identificar a ocorrência ou não de *charcoal* em testemunho de turfeira associada a este sistema florístico comum no Planalto das Araucárias, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Entende-se esses registros como comprovação da ocorrência de incêndios vegetacionais ao longo do Holoceno na área de estudo. A partir dos resultados obtidos, correlacionou-se a antiguidade e a freqüência de manifestações desses fenômenos na com a situação socio-econômica-ambiental atual ali dominante.

v.

## MATERIAIS E MÉTODOS

---



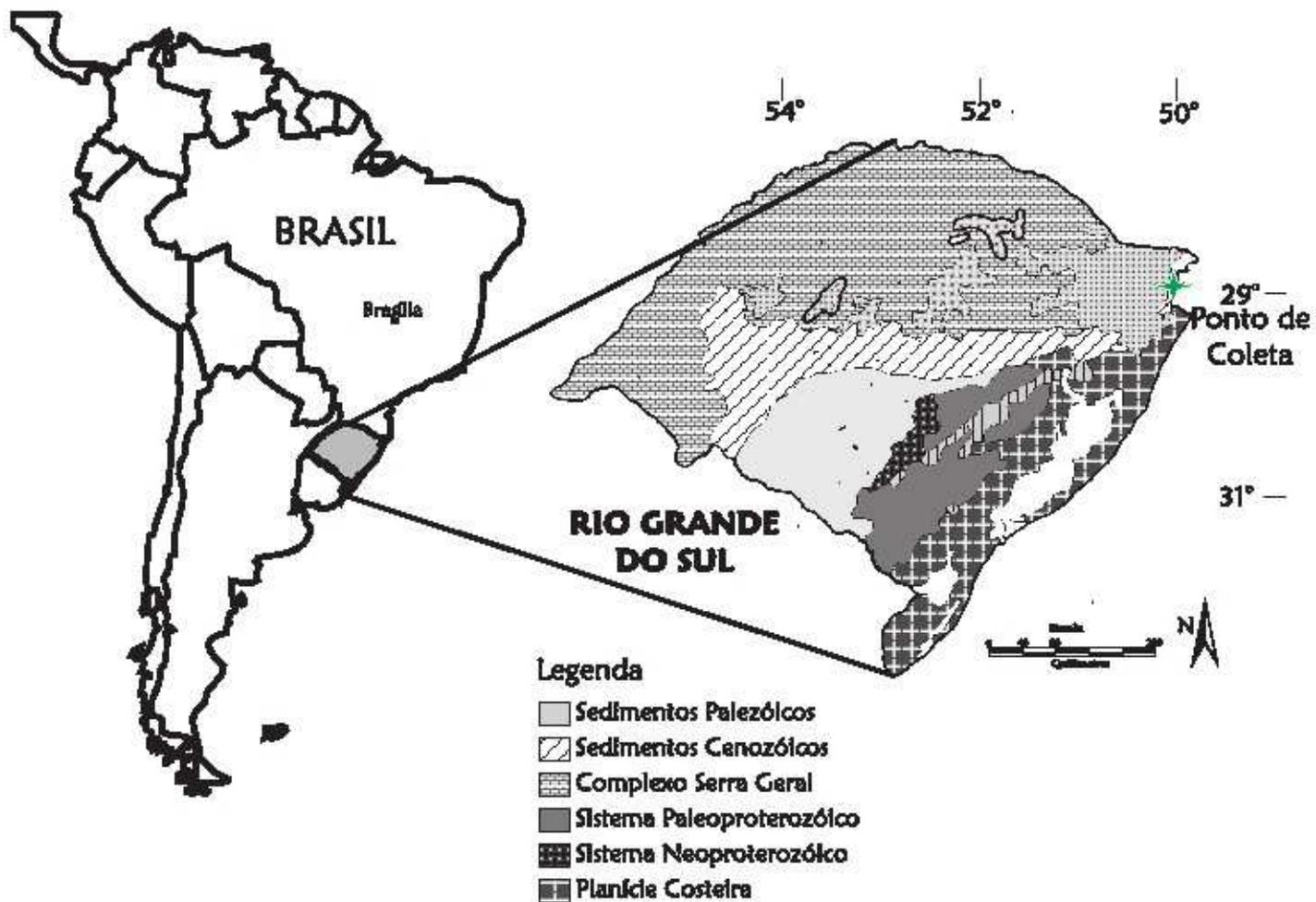
Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

## V. MATERIAIS E MÉTODOS

O testemunho de trufeira estudado, é proveniente da porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Fig. 2). O ponto de coleta está situado no município de Cambará do Sul, nas coordenadas geográficas 29°03'09"S, 50°06'04"W. O material encontra-se depositado no Laboratório de Palinologia da Universidade Luterana do Brasil – Canoas, devidamente acondicionado desde sua coleta e recente utilização feita por Behling *et al.* (2003) para a definição de parâmetros específicos relacionados à evolução do ambiente estudado.

Os tubos de policloreto de vinila (PVC) onde o material está acondicionado têm comprimento de 1,6 m, o que corresponde a profundidade da amostragem. As amostras retiradas para este estudo foram de 7,0 mL de solo (volume determinado por colher de vidro de 7,0 mL). O intervalo de amostragem foi de 10,0 cm ao longo do tubo, totalizando 16 amostras.

Para o processamento de material em laboratório foram utilizados os Laboratórios do Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais do Centro Universitário UNIVATES. As amostras que, mediante análise sob estereomicroscópio, obedecendo às definições para *charcoal* (*sensu* Jones & Chaloner,



**Figura 2: Mapa de localização do ponto de coleta do material estudado (município de Cambará do Sul), com destaque para a sua posição no Sistema Serra Geral (Campos de Cima da Serra - CCS).**

1991), tinham identificação positiva, foram separadas e os fragmentos dessa tipologia removidos mecanicamente com auxílio de espátula, pinça e agulha histológica. Os *charcoal*, agora isolados foram acondicionados em *ependorf*, devidamente numerados e catalogados conforme as profundidades anteriormente estabelecidas.

Todos os fragmentos, que após a análise em equipamento óptico, foram pré-classificados como *charcoal* foram preparados para análises em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (Fig. 3). Esta avaliação foi efetuada nos Laboratórios do Centro de Biogeologia e Paleoecologia da *Eberhard Karls Universität Tübingen* (Alemanha). De posse das imagens de MEV, observou-se a presença de características anatômicas de madeira nos fragmentos.

O material utilizado para constituir as amostras já havia sido datado pelo método  $C^{14}$  por Behling *et al.* (2003), permitindo assim, que com uma interpolação dos dados e a confecção de uma tabela de tempo com a posição exata de cada amostra, fosse possível a definição da idade de cada um (Tab. 1).

Os dados quali-quantitativos foram avaliados no programa estatístico Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (PAST), de Hammer *et al.* (2001), e submetidos a uma Regressão Linear Simples afim de determinar a dependência da variável quantidade de *charcoal* observado em relação à chamada variável independente ou preditora, nesse caso, a profundidade de coleta das amostras. Para verificação do grau de associação estatística entre as variáveis, utilizou-se o **Coefficiente de Correlação de Pearson**. As hipóteses testadas foram as seguintes: **Hipótese de Nulidade ( $H_0$ )**: não existe diferença significativa – ou - relação entre profundidade e presença de *charcoal*; e **Hipótese Alternativa ( $H_1$ )**: existe diferença significativa – ou - relação entre profundidade e presença de *charcoal*.

A



B

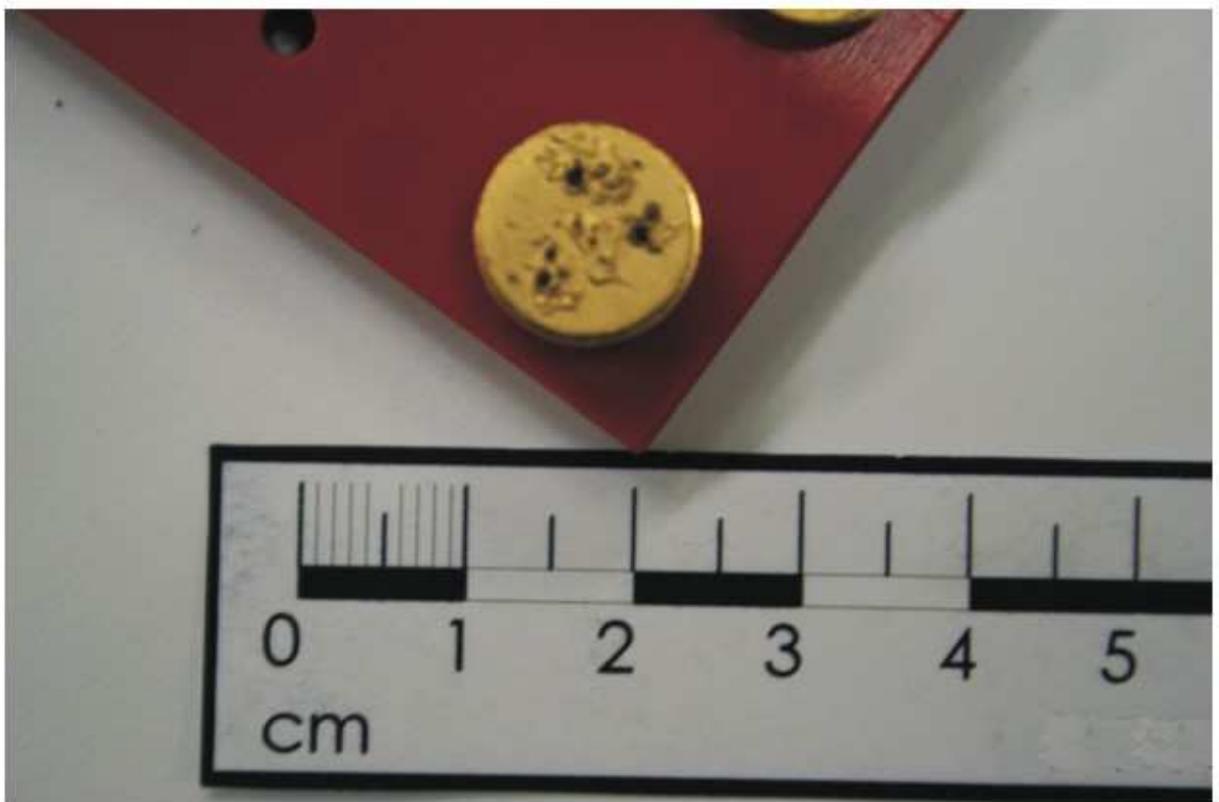
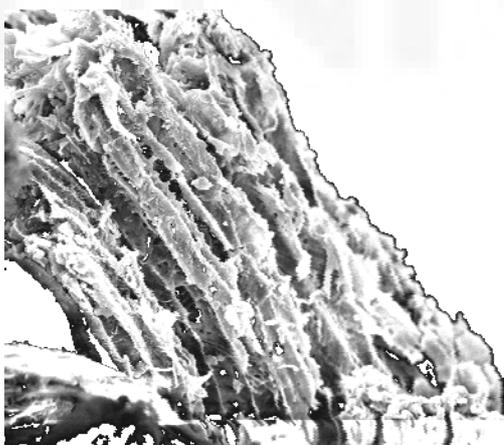


Figura 3: Fragmentos de *charcoal* preparados para observação sob Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV): A) vista geral; B) vista em detalhe.

VI.

## RESULTADOS

---



Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

## VI. RESULTADOS

As idade das amostras estudadas (16 de 7,0 mL), estabelecida com base em Behling *et al.* (2003), variou de 0 a 31.764,71 anos, sendo que a amostra I foi considerada aquela de profundidade 0 – 10 cm e a amostra XVI aquela de 150 – 160 cm (Tab. 1).

Tabela 1. Distribuição das amostras de acordo com a profundidade do solo ao longo do testemunho, correlacionando-as com idades estabelecidas por Behling *et al.* (2003) e definindo o número de fragmentos de *charcoal* encontrados em cada uma.

Identificação	Profundidade (cm)	Idade (anos)	Nº de <i>charcoal</i>
I	0 – 10	0 – 934,58	7
II	10 – 20	934,59 - 1869,16	4
III	20 – 30	1869,16 - 2803,74	9
IV	30 – 40	2803,74 - 3738,32	7
V	40 – 50	3738,32 - 4672,90	3
VI	50 – 60	4672,92 - 5607,48	6
VII	60 – 70	5607,48 - 6542,06	13
VIII	70 – 80	6542,06 - 7476,64	11
IX	80 – 90	7476,64 - 8411,21	11
X	90 – 100	8411,21 - 9345,70	1
XI	100 – 110	9345,70 - 11500,00	5

Identificação	Profundidade (cm)	Idade (anos)	Nº de <i>charcoal</i>
XII	110 – 120	11500,00 - 17254,90	9
XIII	120 – 130	17254,90 - 21176,90	4
XIV	130 – 140	21176,90 - 25098,04	7
XV	140 – 150	25098,04 - 29019,61	4
XVI	150 – 160	29019,61 - 31764,71	4

Foram encontrados em todas as amostras fragmentos com características distintas de *charcoal* definidas por Jones & Chaloner (1991), sendo que em cada conjunto foi possível, após a análise sob MEV, identificar ao menos um fragmento com elementos anatômicos característicos de madeira (Fig. 4 a 7). Esse fato confirma a ocorrência de *charcoal* em todas as amostras variando apenas a quantidade, tamanho e o grau de conservação dos fragmentos.

Os elementos anatômicos apresentam melhor conservação nas amostras mais recentes (Fig. 4A a D). Porém, mesmo a 1,60 m de profundidade; equivalente entre 29.019,61 – 31.764,71 anos foi possível observar elementos associados a madeira (Fig. 7D), como vasos condutores e traqueídeos em bom estado de conservação.

Em termos de avaliação das variáveis estatísticas e da validação da amostragem estudada, foi possível determinar que o valor de  $F_{\text{calculado}}$  (regressão) é pouco significativo ( $p = 0,5265$ ), aceitando-se a hipótese de nulidade do erro alfa (Tipo I), isto é não existe diferença significativa entre as diferentes profundidades onde foram coletadas as amostras e a presença *charcoal* (Tab. 2).

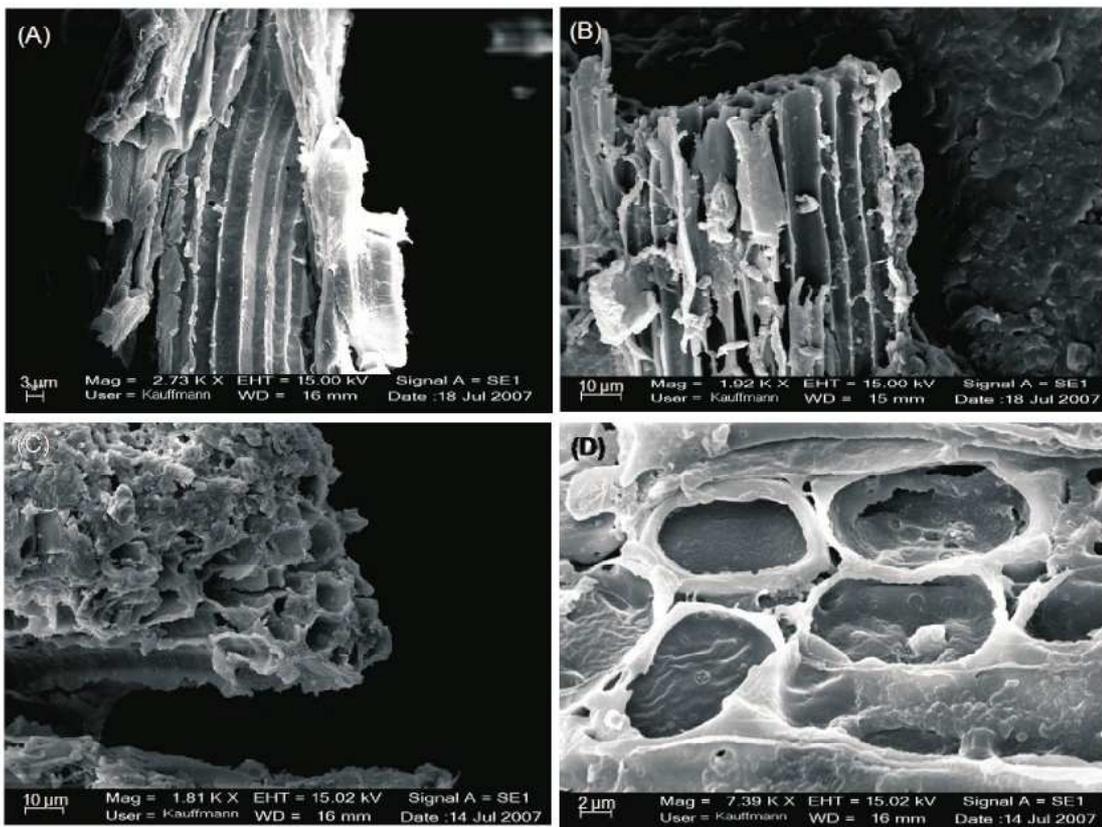
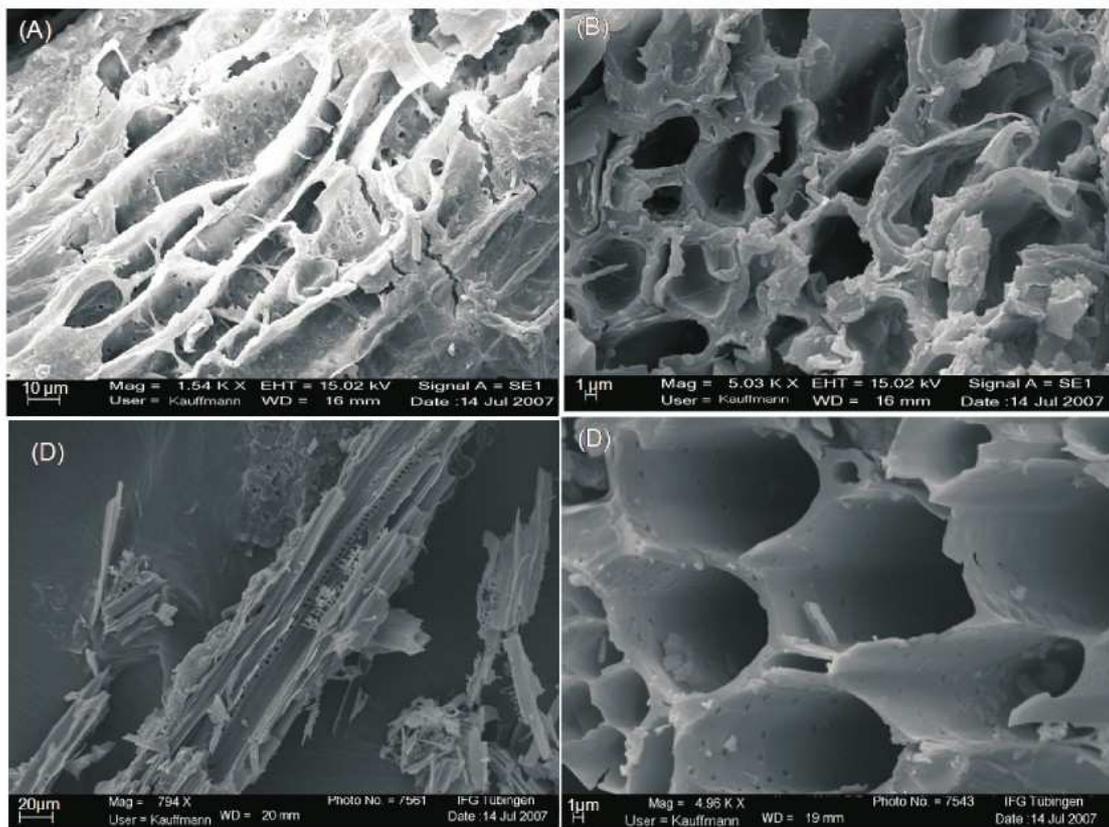
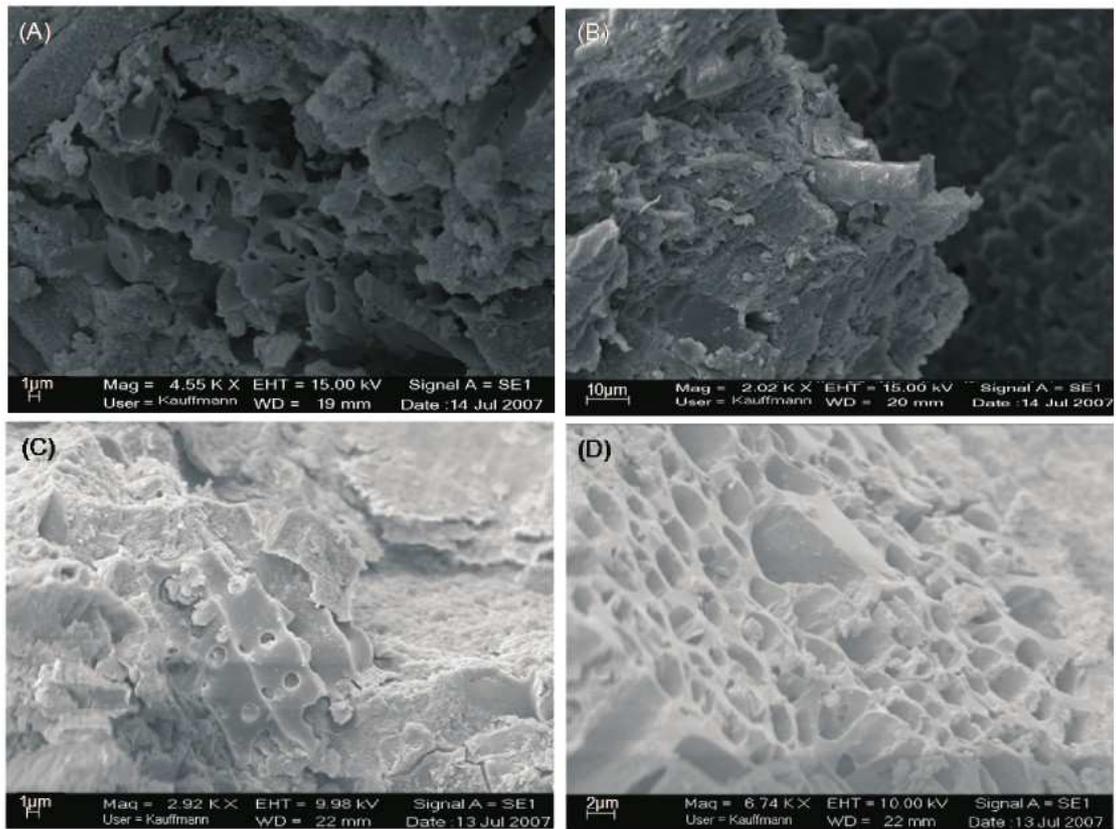


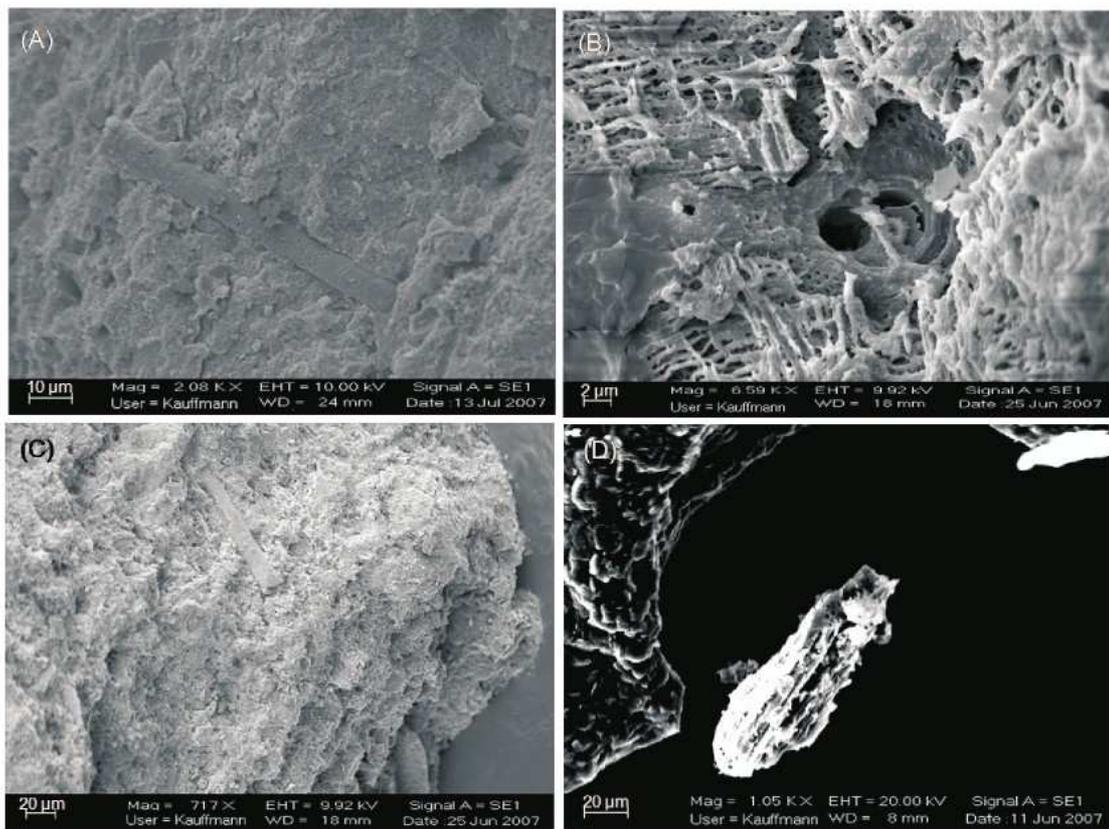
Figura 4: Microfotografias eletrônicas de fragmentos de charcoal estudados: A) amostra I, com destaque para os elementos de vaso; B) amostra II, com destaque para os elementos de vaso; C) amostra III, com destaque para as extremidades dos elementos de vaso; D) amostra IV, com destaque para os elementos de vaso.



**Figura 5: Microfotografias eletrônicas de fragmentos de *charcoal* estudados: A) amostra V, com destaque para os elementos de vaso; B) amostra VI, com destaque para as aberturas apicais dos elementos de vaso; C) amostra VII, com destaque para os elementos de vaso; D) amostra VIII, com destaque para as pontuações internas dos**



**Figura 6:** Microfotografias eletrônicas de fragmentos de *charcoal* estudados: A) amostra IX, com destaque para os elementos de vaso; B) amostra X, com destaque para os elementos de vaso; C) amostra XI, com destaque para os elementos de vaso; D) amostra XII, com destaque para os elementos de vaso.



**Figura 7** : Microfotografias eletrônicas de fragmentos de *charcoal* estudados: A) amostra XIII, elementos de vaso; B) amostra XIV, porções de tecido parenquimatoso e de elementos de vaso; C) amostra XV, porção de elemento de vaso; D) amostra XVI, conjunto de elementos de vaso.

Tabela 2. Dados estatísticos da Correlação entre as variáveis profundidade do solo e quantidade de *charcoal* identificada.

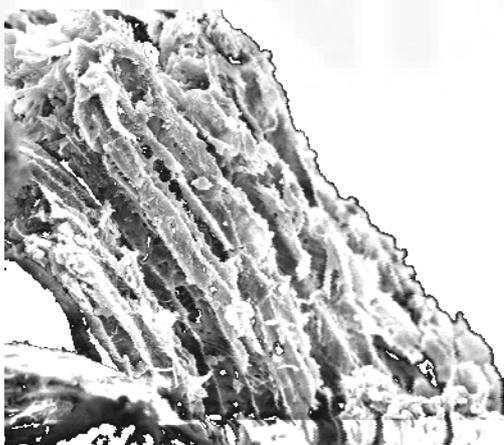
	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	de Quadrado Médio	F <sub>calculado</sub>
Regressão	1	6,3596	6,3596	0,5579
Erro	14	159,5779	11,3984	
TOTAL	15	165,9375		

Além disso, a correlação entre quantidade de *charcoal* e profundidade, calculada pelo **Coefficiente de Correlação de Person**, apresenta fraca correlação ( $r = -0,20$ ) entre as variáveis, indicando que a quantidade de *charcoal* observada não é explicada totalmente pela variável profundidade.

VII.

## DISCUSSÃO

---



Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

## VII. DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos é possível definir que não há correlação entre o número de fragmentos de *charcoal* encontrados e a profundidade de coleta da amostra, existindo, provavelmente, outros fatores atuantes como preditores do aumento ou diminuição da quantidade de *charcoal* observada.

Além disso, independentemente da profundidade, indicativa direta da idade do material avaliado, fragmentos carbonizados de material vegetal (*charcoal*) conservam os elementos anatômicos do combustível, servindo como ótimo testemunho para a ocorrência de incêndios vegetacionais e para caracterização da vegetação a eles sujeita. Neste momento é fundamental levar em consideração o que destaca Scott (2000), ou seja, a presença de *charcoal* é evidência direta da ocorrência de fogo nos ambientes, tanto pretéritos quanto atuais, em que ele é encontrado.

Quando comparados os resultados aqui obtidos com aqueles reportados por Behling *et al.* (2003), para as mesmas amostras, não é possível definir grandes diferenças quanto ao registro de incêndios vegetacionais nas

diferentes idades. Todavia como definem Sardori & Giardini (2007), as metodologias utilizadas para análise polínica, utilizadas naquele experimento, podem danificar os fragmentos de *charcoal*, podendo gerar avaliações estatísticas não tão precisas, Sardori & Giardini (2007) destacam ainda que a avaliação prévia do material, ou seja, anteriormente à preparação para a análise polínica, para o resgate de *charcoal*, é metodologia complementar fundamental para que seja possível definir com maior exatidão a ocorrência de incêndios vegetacionais nos ambientes em estudo.

Todavia, o fato de ter sido identificado *charcoal* em todas as profundidades confirma, com base no que destacam Scott (2000), Scott & Glasspool (2006) e Jasper *et al.* (2007), a manifestação de incêndios vegetacionais na área de estudo em intervalos de tempo periódicos.

Além disso, a identificação de *charcoal* em todas as amostras, e inexistência de correlação entre a profundidade e a quantidade de *charcoal* observada no teste estatístico, assegura que os fragmentos são testemunhos da ocorrência de eventos de incêndios desde há pelo menos 30.000 anos, sendo que a profundidade, ou a idade das amostras, não interfere nos resultados obtidos.

Novamente, quando comparado a resultados anteriores, como os de Behling *et al.* (2003) a observação em microscopia eletrônica de amostras de *charcoal* se demonstra como uma metodologia complementar à análise de pólen, que deverá ser utilizada para identificação da ocorrência de incêndios vegetacionais. Isso se comprova, quando se observa os resultados

obtidos por Behling *et al.* (2003), onde, no mesmo intervalo de profundidade (0 – 1,60 m), o *charcoal* não foi uma constante.

Assumindo o *charcoal* como prova direta da ocorrência de incêndios (SCOTT, 2000), conclui-se que incêndios vegetais naturais e/ou artificiais, na área de amostragem são constantes nos últimos 30.000 anos. Sendo assim, o fogo foi um evento comum ao sistema de campo/floresta estabelecido na região de estudo, confirmando-se a afirmação de Quadros & Pillar (2002) de que a manutenção dessa formação florística singular, como se refere Teixeira & Neto (1986) aos CCS, é influenciada pelos eventos de incêndios.

A inexistência de incêndios para a região estudada, pode gerar conseqüências adversas para o ambiente regional, tendo em vista que, segundo Fernandes *et al.* (2002), o fogo periódico é um controlador da quantidade de material combustível disponível. Dessa forma, a ausência de fogo periódico, pode gerar um ambiente suscetível a incêndios de grandes escalas e de difícil controle (SILVA, 2002).

É importante, também, destacar que a atual Legislação Federal (Brasil) e Estadual (Rio Grande do Sul) referente à área de estudo proíbe o uso do fogo, a menos que o mesmo seja uma prática para controle fitossanitário (Código Florestal Brasileiro, 1965; Código Florestal Estadual, 1992) (RAMOS & SANTOS, 2001). Essa ação, caso confirmadas as estimativas aqui apresentadas, pode, em longo prazo, acarretar em eventos de incêndio de grande escala. Isto é reforçado pelo fato de que, conforme Gutsell & Jonhson (2007), as fontes de ignição vão muito além da ação antrópica, sendo, em muitos casos naturais. Assim o uso do fogo controlado, descrito

por Fernandes *et al.* (2002), Silva (2002)., Ramos & Santos (2001), pode ser uma alternativa à manutenção das características atuais nos CCS.

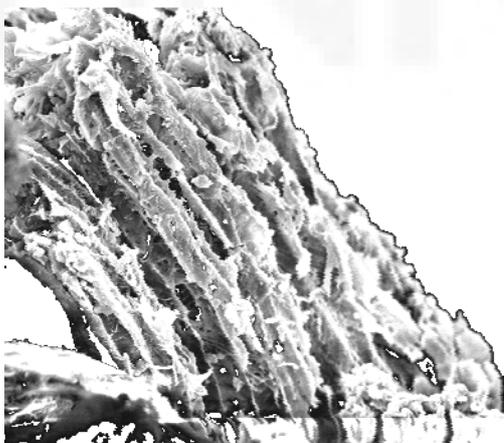
É relevante, todavia, destacar que apesar dos resultados expressivos aqui apresentados, que este estudo tem suas restrições pois avaliou apenas um testemunho com registro, sendo necessária a análise de mais amostras para que se torne possível a definição de um panorama amplo para CCS.

Desta forma, é importante a constante revisão dos dados conhecidos até o momento em relação aos incêndios vegetacionais dos CCS, incluindo-se, a partir deste momento, o estudo de *charcoal* como aqui descrito.

VIII.

## CONCLUSÃO

---



Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

## VIII. CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados e da discussão aqui apresentadas, é possível concluir que:

- 1 – nas amostras analisadas não houve correlação entre a profundidade e a quantidade de *charcoal* encontrada, o que demonstrou uma constância na ocorrência de incêndios vegetacionais na área estudada durante o intervalo de tempo amostrado;
- 2 – a conservação das características anatômicas dos fragmentos de *charcoal* não foi influenciada pela sua idade, o que faz deste tipo de material excelente indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais ao longo do tempo;
- 3 – a boa conservação dos fragmentos de *charcoal* permite a caracterização da vegetação que serviu de combustível aos eventos de incêndio vegetacional, permitindo a reconstituição da flora dominante na área em diferentes períodos de tempo;
- 4 – apesar de ser considerada complementar, a avaliação do registro de *charcoal*, da forma descrita neste trabalho, torna-se ferramenta

fundamental em estudos ecológicos que pretendem definir manifestações de incêndios vegetacionais pretéritos;

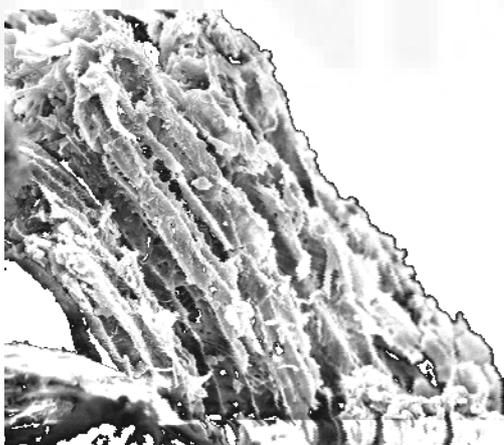
5 – devido à periodicidade dos eventos de incêndios vegetacionais, ainda de origem incerta, na área de estudos, é necessário considerar estas ferramentas como elemento importante no controle do acúmulo de combustível na CCS;

6 – tendo em vista que as fontes de ignição responsáveis pelos incêndios vegetacionais são mais amplas do que a ação antrópica, o acúmulo desordenado de combustível na área de estudo, reforçado pela legislação vigente, pode gerar eventos futuros de grande escala.

IX.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---



Fragmentos de carvão (*charcoal*) como indicativo da ocorrência de incêndios vegetacionais durante o Quaternário do Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil.

## IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEHLING, H; PILLAR, VD; ORLÓCI, L; BAUERMANN, SG. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, *charcoal* and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol**, v. 203, p. 277-297, 2003.

BEHLING, H; PILLAR, V.D. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern *Araucaria* forest and grassland ecosystems. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v.362, p. 243-251, 2006.

BEHLING, H.; PILLAR, V.; ORLO´ CI, L.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high resolution pollen, *charcoal* and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol**. v. 203, p. 277–297, 2004.

BROWN, J.K. Introduction, and Fire regimes. In: *Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Flora*. USDA Forest Service General Tech. Rep., 2000. RMRS-GTR-42 2: 01-08.

BUBLITZ, J. A Eco-História da Colonização Italiana no Rio Grande do Sul.

**Revista Méfis**, Caxias do Sul, v.3, n.6, p.179 – 200, 2004.

DGF. Direcção Geral das Florestas. **Inventário Florestal** – 3ª Revisão.

Disponível em: <http://www.dgf.min-agricultura.pt/ifn/index.htm>. Acesso em 05 de maio de 2004.

DUARTE, L. da S.; DOS SANTOS, M. M. G. ; HARTZ, S.M.; PILLAR, V. D. The role of nurse plants on *Araucaria* forest expansion over grassland in South Brazil.

**Austral Ecol**, 2008.

FERNANDES, P.; BOTELHO, H.; LOUREIRO, C. **Manual de Formação para a Técnica do Fogo Controlado**. Vila Real, Portugal: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2002.

GUTSELL,; JONHSON. Wildfire and Tree Population Processes. In: JONHSON,;

MIANISHI. **Plant Disturbance Ecology**. Amsterdam: Editora Elsevier, 2007. 698 p.

HAMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Eletrônica**, v. 4,

n. 1, 2001.

HARRIS, T. M. Forest fire in the Mesozoic. **J. Ecol**, n. 46, p. 447-453, 1958.

JASPER, A.; GUERRA – SOMMER, M.; UHL, D.; SALVI, J.; KAUFFMANN, M.;

OSTERKAMP, I. C.; GONÇALVES, C. V. A ocorrência de Incêndios

vegetacionais durante o paleozóico superior da Bacia do Paraná. In: CARVALHO, I. S.; CASSAB, R. C. T.; SCHWANKE, C.; CARVALHO, M. A.; FERNANDES, A. C. S.; RODRIGUES, M. A. C.; CARVALHO, M. S. S.; ARAÍ, M.; OLIVEIRA, A. E. Q. O. (eds.). **Paleontologia: Cenários de Vida**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2007.

JONES, T. P.; CHALONER, W. G. Fossil charcoal, its recognition and palaeoatmospheric significance. **Paleo**, v.3 p. 91: 39-50, 1991.

JOHNSON, B. **The Great Fire of Borneo**. World Wild Life Fund, Godalming, Surrey: 1984. 24p.

KEMP, E. M. Pre-Quaternary fire in Australia. In: GILL, A. M.; GROVES, R. A.; NOBLE, I.R. (Eds.). **Fire and the Australian Biota**. Canberra: Australian Academy of Science, 1981. p. 03-21.

KROB, A. J. D. **Desenvolvimento Sustentável nos Campos de Cima da Serra – Entorno de Unidades de Conservação**. Porto Alegre, Brasil: PROJETO CARICACA, 1998.

LEÃO R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 434 p.

LEONEL, M. O uso do fogo: manejo indígena e a piromania da monocultura. **Estudos Avançados**, 2000. 14 (40).

MACEDO, F. M.; SARDINHA, A. M. **Fogos florestais**. Lisboa: 1993. 430 p.

PAYSEN, T. E. R.; ANSLEY, J.; BROWN, J. K.; GOTTFRIED, G. J.; HAASE, S. M.; HARRINGTON, M. G.; NAROG, M. G.; SACKETT, S. S.; WILSON, R. C. **Fire in western shrubland, woodland, and grassland ecosystems wildland fire in**

**ecosystems: effects of fire on flora.** USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep, 2000. (RMRS-GTR-42, 2: 121-158).

POTT, R. **Allgemeine Geobotanik, Biogeosysteme und Biodiversität.** Heidelberg, Alemanha: Springer, 2005.

PYNE, S. J. **Fire in America:** a Cultural History of Wildland and Rural Fire. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1982.

QUADROS, F. L. F.; PILLAR, V. P. Transições Floresta – Campo no Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente.** Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria.

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul.** 2. ed Porto Alegre, Brasil: Livraria Selbach, 1956.

RAMOS, P. C. M.; SANTOS, L. **Queimada Controlada.** Brasília: Editora IBAMA – Prevfogo, 2001.

REITZ, P. R.; KLEIN, R. M. *Araucariáceas.* In: REITZ, P. R. (ed). **Flora ilustrada catarinense.** Itajaí, Brasil: Editora Herbario Barbosa Rodrigues, 1996.

RÖSSLER R. **Der Versteinerte Wald von Chemnitz.** Chemnitz: Museum für Naturkunde Chemnitz, 2001. 252 pp.

SADORI, L.; GIARDINI, M. Charcoal analysis, a method to study vegetation and climate of the Holocene: The case of Lago di Pergusa (Sicily, Italy). **Geobios**, v. 40, p. 173-180, 2007.

SAITO, T.; YAMANOI, T.; KAIHOM, K. End-Cretaceous devastation of terrestrial flora in the boreal Far East. **Nature**, v. 323, p. 253-255, 1986.

- SCOTT, A. C.; GLASSPOOL, I. The Diversification of Paleozoic fire systems and fluctuation in atmospheric oxygen concentration. **PNAS**. v.103, n. 29, p. 10861-10865.
- SCOTT, A. C.; GLASSPOOL, I. Observations and experiments on the origin and formation of inertinite group macerals. **International Journal of Coal Geology**, v. 70, p. 53-66, 2007.
- SCOTT, A. C. Observations on the nature and origin of fusain. **Int. J. Coal Geol**, v. 12, p. 443-475, 1989.
- SCOTT AC. The pre-quatarnary history of fire. **Palaeo**, v. 164, p. 281-329, 2000.
- SILVA, J. S. – Os mecanismos de ignição e propagação dos incêndios florestais. In **Manual de silvicultura para a prevenção de incêndios**. Lisboa: Direcção Geral das Florestas 2002. Cap I
- SILVA, J. S.; PÁSCOA, F. **Manual de silvicultura para a prevenção de incêndios**. Lisboa: Direcção Geral das Florestas, 2002. Cap. I X.
- SILVA, J. S.; VASCONCELOS, T. – Os efeitos dos incêndios florestais. In: SILVA, J. S.; PÁSCOA, F. (eds.). **Manual de silvicultura para a prevenção de incêndios**. Lisboa: Direcção Geral das Florestas, 2002. Cap. V.
- SILVA, R. G. **Manual de prevenção e combate aos incêndios florestais**. Brasília: IBMARN, 1998. 79 p.
- SOARES, R. V. Fire in some tropical and subtropical South American vegetation types: na overveiw. In: GOLDAMMER, J. G. (ed). **Fire in the Tropical Biota**. Berlin: Springer-Verlag, 1990. p. 63 – 81.
- TEIXEIRA, M. B.; NETO, A. B. Folha SH. 22 e Parte das Folhas SH. 21 e SI. 22 – Vegetação. Levantamento de Recursos Naturais, 1986.

- TRABAUD, L. **Les feux de forêts : mécanismes, comportement et environnement**. 2.ed. - Aubervilliers : France-Selection, 1992. 278p.
- TREJO, D. A. R. **Incendios forestales**. Chapingo, México : Universidad Autónoma Chapingo, 1996, 630 p.
- TSCHUDY, R. H.; TSCHUDY, B. D. Extinction and survival of plant life following the Cretaceous/Tertiary boundary event, Western Interior, North America. **Geology**, v. 14, p. 667-670, 1986.
- UHL, D.; KERP, H. Wildfires in the Late Palaeozoic of Central Europe – The Zechstein (Upper Permian) of NW – Hesse (Germany). **Palaeo**, v. 199, p. 1-15, 2003.
- UHL, D.; LAUSBERG, S.; NOLL, R.; STAPF, K. R. G. Wildfires in the Late Palaeozoic of Central Europe – an overview of the Rotliengend (Upper Carboniferous – Lower Permian) of the Saar – Nahe Basin (SW – Germany). **Palaeo**, v. 207, p. 23-35, 2004.
- ZEDLER, P. Fire Effects on Grasslands. In: JONHSON & MIANISHI. **Plant Disturbance Ecology**. Amsterdam: Editora Elsevier, 2007. 698 p.