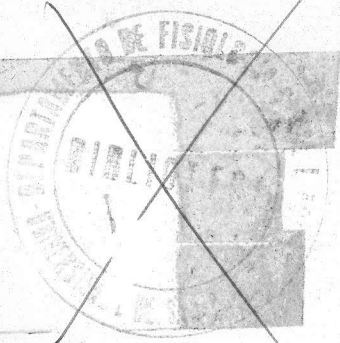


LEOPOLDO MAGNO COUTINHO

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DO PAPEL ECOLÓGICO DAS QUEIMADAS NA
FLORAÇÃO DE ESPÉCIES DO CERRADO

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
BIBLIOTECA
TOMBO: LD 12

Tese apresentada
em concurso para obtenção do título
de livre-docente em Ecologia Vege -
tal junto ao Departamento de Botâni
ca do Instituto de Biociências da
Universidade de São Paulo.



NÃO CIRCULA



São Paulo

1976

ra de São Paulo, apresentadas
do Estado de São Paulo, pelo Sr. ...
apresentadas ...
Paulo ...
que ...
nico ...
pre ...
mento ...
São Paulo ...
fiar ...
do Depo ...
versão ...

Em Memória

de um velho seringueiro do Acre - meu pai,

AGRADECIMENTOS

À Estação Experimental de Biologia e Piscicultura de Emas, Pirassununga, do Ministério da Agricultura, na pessoa do seu Diretor Dr. Fuad Alzuguir, pela atenção que sempre nos dispensou e por permitir a realização de nossos experimentos de campo em suas dependências.

À Ferrovias Paulistas S.A. (FEPASA) pela autorização de uso de áreas de cerrado de sua propriedade, durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Instituto Biológico da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, pelo preparo de algumas fotos aqui apresentadas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro prestado durante excursões que realizamos aos cerrados do Brasil Central.

À Dra. Graziela Maciel Barroso, do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, pela solicitude e presteza com que sempre nos atendeu na identificação taxinômica do material botânico.

Ao Prof. Dr. Antonio Cestari Netto, do Departamento de Biologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, pela paciente colaboração no preparo das fotomicrografias.

Ao Sr. Werner K. Spörl, técnico de laboratório do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, pela dedicada colaboração no preparo de lâminas para os estudos anatômicos.

À Dona Maria José Guimarães, desenhista do De -

partamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, pelo delicado e artístico trabalho de desenho a nanquim de gráficos e de material vivo.

Ao Eng. Agr. Dr. David Leslie Davies, pela colaboração junto ao preparo do resumo em inglês.

Ao Sr. José Francisco M. da Silva pelo serviço de datilografia final do manuscrito.

Aos Srs. Aurivalde C. de Albuquerque, Benedito A. Paes e Geraldo M. da Silva, funcionários do setor de jardins do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, pela inestimável ajuda nos trabalhos de campo e nos serviços com plantas envasadas.

Aos colegas e funcionários do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, que, de um modo ou de outro, me auxiliaram na realização deste trabalho.

À minha esposa e aos meus filhos pelo estímulo e compreensão com que sempre me cercaram.

CONTEÚDO

	pg.
I. - INTRODUÇÃO	1
1. Terminologia	1
2. O Conceito de Cerrado	3
2.1. - O conceito fisionômico	3
2.2. - O conceito florístico	5
2.3. - Um novo conceito	6
3. A Origem do Cerrado	11
4. Objetivos do Trabalho	14
II. - O FOGO COMO FATOR ECOLÓGICO	16
1. As Queimadas Naturais	16
2. As Queimadas Naturais no Passado Geológico	20
3. As Queimadas Antropogênicas	20
4. Efeitos das Queimadas	26
4.1. - Temperatura do ar e do solo	26
4.2. - Umidade do solo	30
4.3. - Matéria orgânica do solo	30
4.4. - Nutrientes minerais do solo	31
4.5. - Microorganismos do solo	33
4.6. - Produtividade primária	33
4.7. - Vegetação	35
4.8. - Desenvolvimento das plantas	38
III. - MATERIAIS E MÉTODOS	48

	pg.
1. Experimentos de Campo.	48
1.1. - Área de estudo.	48
1.2. - Realização das queimadas.	49
1.3. - Temperatura do solo durante a queimada.	50
1.4. - Levantamento das espécies floridas.	51
1.5. - Efeito da poda no campo	51
1.6. - Efeito dos gases provenientes da queimada	51
1.7. - Medida da floração.	53
2. Experimentos de Laboratório.	53
2.1. - Espécies investigadas.	53
2.2. - Coleta das mudas.	54
2.3. - Envasamento.	54
2.4. - Solo	55
2.5. - Nutrição mineral.	55
2.6. - Irrigação	55
2.7. - Período de pega das mudas	55
2.8. - Realização da queimada	56
2.9. - Estudo anatômico das gemas.	56
2.10.- Efeito de diferentes processos de elimi- nação dos órgãos epigeus.	57
2.10.1. - Eliminação pela queima.	57
2.10.2. - Eliminação pela poda mecânica	58
2.10.3. - Eliminação pela seca.	58
2.11.- Efeito do fotoperíodo.	59
2.11.1. - Câmaras de fotoperiodismo	59
2.11.2. - Movimento das plantas nas câma- ras.	60

	pg.
2.11.3. - Tratamentos	61
2.12. - Efeito dos gases provenientes da combustão .	65
2.13. - Medida da floração	65
2.14. - Análise estatística dos dados.	66
IV. - RESULTADOS.	67
1. Experimentos de Campo	67
1.1. - Temperatura do solo durante a queimada . . .	67
1.2. - Levantamento das espécies floridas logo após as queimadas.	70
1.3. - Efeito da época da queimada.	71
1.4. - Efeito da poda no campo.	81
1.5. - Efeito dos gases provenientes da combustão .	85
2. Experimentos de Laboratório.	87
2.1. - Morfologia externa das plantas	87
2.1.1. - <i>Lantana montevidensis</i>	87
2.1.2. - <i>Stylosanthes capitata</i>	90
2.1.3. - <i>Vernonia grandiflora</i>	92
2.1.4. - <i>Wedelia glauca</i>	95
2.2. - Estudo anatômico das gemas	95
2.2.1. - <i>Lantana montevidensis</i>	95
2.2.2. - <i>Stylosanthes capitata</i>	98
2.2.3. - <i>Vernonia grandiflora</i>	102
2.2.4. - <i>Wedelia glauca</i>	102
2.3. - Efeito de diferentes processos de elimina- ção dos órgãos epigeus das plantas	105
2.4. - Efeito dos gases provenientes da combustão .	108
2.5. - Efeito do fotoperíodo.	108

V. - CONCLUSÕES E DISCUSSÃO.	118
1. A Contribuição do Presente Trabalho.	118
2. As Queimadas e a Fenologia da Floração	124
3. As Queimadas e a Vitalidade das Espécies de Cerrado.	126
4. Um Efeito Piromorfofenético das Queimadas	128
5. Um Efeito Hidromorfofenético das Secas.	129
6. As Queimadas de Cerrado em Épocas Prē-humanas	131
7. As Queimadas de Cerrado em Épocas Prē-colombianas.	132
8. As Queimadas de Cerrado em Épocas Históricas	134
VI. - RESUMO.	136
VII. - SUMMARY	142
VIII. - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148

I - INTRODUÇÃO

1. - Terminologia

Desde os tempos em que o Brasil recebia a visita dos primeiros botânicos europeus, interessados em conhecer e descrever a sua flora, as formas de vegetação que dominam o vasto Planalto Central brasileiro têm recebido diversas denominações, ora aplicadas restritamente a apenas uma delas, ora abrangendo-as todas como um termo genérico.

Aquela época, tais formas de vegetação já eram conhecidas popularmente por "tabuleiros", os quais se distinguiam em "tabuleiros cobertos" e "tabuleiros descobertos", conforme apresentassem ou não um estrato arbóreo mais ou menos denso, além do estrato herbáceo. Caso possuíssem ainda uma "capoeira densa", de permeio com os troncos das árvores, eram, então, chamados "tabuleiros cerrados". Certas formas pouco mais baixas e abertas eram por vezes conhecidas como "carrascos" (Grisebach, 1876; Martius, 1951; Saint Hilaire, 1937).

Martius (1951) reconheceu naquela extensão do território brasileiro uma província fitogeográfica distinta, a qual denominou "Oreades", ou "Regio montano-campestris", entendendo por "campo" toda a cobertura vegetal que não fosse propriamente floresta.

Embora seu emprego persista até os dias atuais em regiões como o nordeste do país, a denominação "tabuleiro" caiu em desuso na literatura botânica já na segunda metade do século passado, cedendo lugar à palavra "campo" (vejam-se os traba -

lhos de Löfgren, 1898; Lund, 1837; Rawitscher, 1942a; Taubert, 1895; Usteri, 1911; Warming, 1908).

Outros autores, como Schimper (1898) e Wettstein (1970), deram preferência, por vezes, ao termo "savana", usando-o em lugar de "campo" para designar de forma genérica a vegetação predominante no Brasil Central.

Mais recentemente, a própria palavra "campo" deixou de ser empregada em seu significado amplo, sendo substituída por outras que até então tinham um sentido apenas restrito. É o que se observa, por exemplo, nos trabalhos de Alvim (1954), Aubréville (1961), Hueck (1972) e outros, nos quais se emprega muitas vezes a palavra "campo cerrado" não mais com o seu sentido original, designando uma forma específica de vegetação oreádica, mas com a mesma amplitude com que se empregava anteriormente "campo".

As modificações no sentido ou conceito destes termos botânicos não pararam aí. Hoje, a palavra "cerrado" é a que encontra maior aceitação; tanto na literatura nacional como na internacional, consagrando-se como uma designação genérica para toda a vegetação oreádica. Por "cerrado" (*sensu lato*) compreendem-se atualmente os campos limpos, os campos sujos, os campos cerrados, os cerrados (*sensu stricto*) e os cerradões, ou catandubas (Biro, 1965; Eiten, 1972; Ferri, 1963b, 1971c; Labouriau, 1966a; Romariz, 1972; Schnell, 1971; Walter, 1973).

Esta curta revisão sobre as modificações sofridas pela terminologia aplicada às formas de vegetação dominantes no Planalto Central brasileiro nos dá uma idéia de quão variáveis têm sido os significados de palavras como "campo", "campo cerrado" e "cerrado", através do tempo e dos autores, o que torna, às

vezes, bastante difícil comparar resultados, conclusões e conceitos, particularmente se os autores não definirem precisamente os termos que empregam.

No presente trabalho usaremos a palavra "cerrado" sempre em seu sentido amplo; caso contrário, ela estará seguida da sigla "s.s.", isto é, "*sensu stricto*".

2. - O Conceito de Cerrado

Ao analisarmos os conceitos sobre cerrado, podemos distinguir, dentro da literatura, duas linhas básicas seguidas pelos autores: a conceituação fisionômica e a conceituação florística.

2.1. - O conceito fisionômico

A grande maioria dos autores mais modernos conceitua o cerrado como savana, termo este que tem uma conotação essencialmente fisionômica.

Tal definição cria, entretanto, uma série de problemas, uma vez que o próprio termo savana é de conceituação um tanto variável, dependendo do autor. Assim, Smith (1945) e Takeuchi (1960) consideram o cerrado como savana, excetuando, todavia, os campos limpos. Ferri (1973) considera o cerrado também como savana, mas não pode precisar se o cerradão estaria ou não incluído sob este termo. Hueck (1972) distingue as "savanas dos campos cerrados" dos campos sujos e dos campos limpos, considerando estes últimos como estepes. Beard (1955) já considera todas as

formas de cerrado, inclusive cerradão, como savana. Cole (1958 , 1960) considera desde os campos limpos até os cerradões como "grassy-savanna".

Estas poucas citações servem para ilustrar a diversidade de opiniões existente entre os autores e o grau de desentendimento que se pode estabelecer dentro de tal conceituação.

Ninguém desconhece que a estrutura e a fisionomia das várias formas de cerrado apresentam uma enorme diversidade. No sistema de formas de vegetação proposto por Eiten (1968) , o cerrado aparece como exemplo de 19 das 26 categorias propostas, isto é, em 73% delas, variando desde "mata" até "campo curti-herbáceo". Na "Tentative Physiognomic-Ecological Classification of Plant Formations of the Earth", de Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), as diversas formas de cerrado poderiam ser classificadas em pelo menos quatro classes de formações distintas. Querer definir ou descrever o cerrado por uma determinada classe fisionômica (savana) será sempre pouco satisfatório, pois, esta ou aquela forma de cerrado não se enquadrará bem à definição ou descrição. Basta compararmos de um lado um cerradão, com sua fisionomia florestal típica, e de outro um campo limpo ou um campo sujo, aberto e ensolarado, para compreendermos a dificuldade de se conceituar o cerrado por um critério essencialmente fisionômico.

Em resumo, parece que o principal problema desta conceituação reside no fato de que apenas as formas de cerrado intermediárias entre o cerradão e o campo limpo estariam de acordo com a fisionomia de savana, num consenso geral dos autores . Quanto àquelas duas formas extremas e contrastantes, as opiniões se dividiriam.

2.2. - O conceito florístico

Segundo Eiten (1963) ... " 'Cerrado' is now used by Brazilian phytogeographers to refer to this flora in general , being a large scale term coordinate to caatinga, campo limpo, tropical forest, equatorial forest, etc" (l.c. pg. 189)*. Referindo-se ao fato de a flora lenhosa ser comum ao cerrado (s.s.) e ao cerradão, afirma ainda o autor: "This shows the necessity of defining the cerrado in its wide sense as a floristic type and not as a physiognomic type based on height and spacing." (l.c. pg. 190). Mais adiante, acentua ... "The cerrado then should be defined as a floristic type, which in phisiognomy (natural or artificial) may occur in almost any of the large-scale forms, grassland, savanna , scrub, woodland, forest, etc". (l.c. pg. 190).

Esta conceituação, radical tanto quanto a anterior, também esbarra em sérios problemas. Em primeiro lugar diríamos que considerar o cerrado como um tipo florístico e ordená-lo ao lado de floresta tropical poderia implicar erroneamente que também esta representasse um tipo florístico único. Por outro lado, Rizzini (1963a, b), Rizzini e Heringer (1962b) e Waibel (1948) salientam a existência não de apenas uma, mas de duas floras perfeitamente distintas na Província do Brasil Central: uma herbácea subarbustiva e outra arbustivo arbórea. Não há, pois, um único ti

* Provavelmente o campo limpo a que o autor se refere corresponde ao campo limpo napeádico do sul do Brasil, pois, em trabalhos posteriores (Eiten, 1968; 1972), o autor inclui tacitamente o campo limpo oreádico em seu conceito de cerrado.

po florístico, mas dois. Se de um lado estas duas floras se distribuem de modo geral por toda a extensão do cerrado, elas não são, todavia, homogêneas em todas as formas em que este se apresenta. Assim, num campo limpo a flora arbustivo arbórea não está representada praticamente. O inverso ocorre nos cerradões densos e pouco perturbados pelo fogo e pelo gado, onde a flora herbácea subarbustiva é insignificante. Não vemos de que maneira duas formações floristicamente tão distintas, como o cerradão e o campo limpo, possam fazer parte de um mesmo tipo florístico. Se o critério fisionômico é criticável pela diversidade de formas de vegetação apresentadas pelo cerrado, o florístico também o é, por não haver uma homogeneidade de flora em todas aquelas formas. A diversidade fisionômica alegada também corresponde uma diversidade florística.

2.3. Um novo conceito

* Em virtude das dificuldades conceituais aqui expostas, procuramos formular um outro conceito, que não fosse tão dependente seja de um padrão fisionômico, seja de uma determinada flora. Procuramos dar a ele um caráter essencialmente dinâmico, não nos prendendo ou fixando em caracteres estáticos. Acreditamos ter conseguido isto, tomando por base as seguintes considerações: 1º Estrutural e fisionomicamente as formas de vegetação que constituem o cerrado apresentam uma enorme diversidade. Numa análise sinecológica quantitativa dessas diversas formas, particularmente quanto à cobertura e à fitomassa, Goodland (1969, 1971a) nos mostra que, comparando-se o campo sujo com o campo cerrado, com o

cerrado (s.s.) e com o cerradão, a porcentagem de cobertura pelas copas das árvores cresce de quase zero nos campos sujos mais abertos até quase 100% nos cerradões mais sombrios. Em oposição, a cobertura herbácea, que no campo sujo atinge 65%, em média, no cerradão cai para 35%, podendo atingir valores mínimos de até 2%. Quanto à área basal das espécies lenhosas, que reflete o seu produto-em-pê ou sua fitomassa, os valores aumentam de acordo com uma curva perfeitamente contínua desde campo sujo até cerradão*. A amplitude de variação dos dados acima, ao lado de simples observações fisionômicas das formas de vegetação, mostra-nos que do cerrado participam biócoros (zonas de vida) diversos, como o biócoro florestal, representado pelos cerradões (florestas xeromorfas), o biócoro de savana, representado pelos cerrados (s.s.), pelos campos cerrados e pelos campos sujos, e finalmente o biócoro de

* É conveniente lembrar que o autor não incluiu o campo limpo em suas análises; se o fizesse, o contraste com o cerradão seria ainda mais evidente. Por outro lado, o autor afirma desconhecer o histórico das queimadas sofridas pelas áreas de cerradão que estudou, o que nos permite supor que ao menos algumas delas não eram mais densas, em virtude de queimadas em épocas passadas.

campo* , representado pelos campos limpos** .

Isto nos leva a conceituar o cerrado como um "complexo de formações oreádicas", quais sejam: as florestas oreádicas, as savanas oreádicas e os campos oreádicos. Não, porém, como uma formação complexa, como considera Romariz (1972).

2º - Em sua análise sinecológica quantitativa, Goodland (1969) nos mostra ainda que o número de espécies herbáceas por área diminui à medida que cresce o número de espécies arbóreas. Isto nos parece indicar existir uma relação inversamente proporcional entre aquelas duas floras. Assim, quando uma se acha bem representada numa comunidade, a outra tende a desaparecer e vice-versa. Aquele

* Entendemos por "campo" toda vegetação destituída de formas arbóreas e arbustivas, sendo constituída apenas por formas herbáceas e (ou) subarbustivas.

** Não consideramos o campo limpo como um tipo de savana, reservando este termo apenas para aquelas formações que apresentam, além do estrato herbáceo, um estrato de árvores e (ou) arbustos mais ou menos isolados uns dos outros. A razão de assim procedermos reside no fato de que a presença de árvores ou arbustos cria condições microclimáticas novas, possibilita a existência de novos nichos ecológicos, dá condições de nidificação a certas aves, etc, o que num campo limpo não ocorre. Assim, consideramos as savanas arbustivas e arbóreas de um lado e os campos de outro, como duas zonas de vida diversas (veja-se Dansereau, 1957). O reconhecimento dos três biócoros acima parece condizer melhor com as características da fauna endêmica do cerrado (veja-se Ávila Pires, 1966).

autor confirma ainda as observações de Cole (1958, 1960), Eiten (1970, 1972), Ferri (1943), Rizzini (1963b) e Warming (1908), de que as floras herbáceo subarborescente ou arbustivo arbórea presentes no cerrado (s.s.), campo cerrado e campo sujo são comuns também ao campo limpo ou ao cerradão, respectivamente. A flora das formas savanícolas é constituída tanto por espécies da flora florestal quanto da flora campestre. Ela é, portanto, mista. Isto permite dizer que, de um modo geral, apenas a flora florestal oreádica, cuja expressão máxima é o cerradão, e a flora campestre oreádica, que domina completamente no campo limpo, têm características bem marcantes e distintas.

3º - Além das distinções taxinômicas, aquelas duas floras se diferenciam bastante, sob o ponto de vista ecológico, pelas formas de vida predominantes em cada uma delas, pelos padrões de senescência (decíduo nas arbustivo arbóreas e periódico nas herbáceo subarborescentes), pelas condições microclimáticas que criam, pela morfologia e profundidade de seus sistemas subterrâneos (Menezes e col., 1969; Rachid, 1947; Rachid-Edwards, 1956; Rawitscher, Ferri e Rachid, 1943; Rawitscher e Rachid, 1946; Rizzini e Heringer, 1961, 1962a, 1966), pelo balanço hídrico e reatividade estomática (Braga de Andrade e col., 1957; Ferri, 1944; Ferri e Coutinho, 1958; Rachid, 1947; Rawitscher, 1942b, 1944), pela tolerância a certas características dos solos, como oligotrofismo (Arens, 1958, 1963; Goodland, 1969, 1971b; Goodland e Pollard, 1973), pequena profundidade, presença de cascalheiras quartzíticas ou couraças lateríticas bem desenvolvidas (Magalhães, 1966), pela resistência a queimadas frequentes (Warming, 1908), etc.

Todavia, tal distinção não se manifesta no to -

cante às exigências por altas intensidades luminosas. Ambas as floras são heliófilas, fato este que nos parece ser bastante significativo. A flora herbácea subarbustiva é constituída predominantemente por espécies perenes heliófilas, pouco tolerantes ao sombreamento, não se encontrando no cerrado, em geral, número apreciável de espécies desta flora que sejam subordinadas dependentes ou tolerantes à dominância da flora arbórea arbustiva. Isto transparece também pelo próprio gradiente de fitomassa e de número de espécies, inversamente proporcional para as duas floras, observado por Goodland (1969) quando analisou várias formas de cerrado, desde cerradão até campo sujo.

Os fatos discutidos neste item fazem-nos supor existir um verdadeiro antagonismo entre as floras florestal e campestre. Nada nos faz pensar representarem elas, graças às formas de vida que as caracterizam, estratos de uma comunidade integrada. A vegetação herbácea subarbustiva não está adaptada às condições microclimáticas criadas pela vegetação arbustivo arbórea. Neste contexto de idéias, as formas oreádicas savanícolas, como o cerrado (s.s.), o campo cerrado e o campo sujo, representariam, a nosso ver, formas intermediárias ou de transição, onde os fatores ecológicos, em seu conjunto, não favoreceriam totalmente nem a uma nem a outra flora, mas permitiriam, se bem que em parte, a coexistência de ambas. Em tais condições, as espécies das duas floras estariam sujeitas a uma forte tensão ecológica, competindo intensamente entre si. Dependendo das características holocenóticas dos fatores ambientais de cada ecossistema de cerrado, quanto à sua geomorfologia, topografia, qualidades físicas e químicas do solo, frequência de queimadas, pastoreio, etc, poderia haver maior

ou menor desenvolvimento desta ou daquela flora, possibilitando assim a existência de toda uma gama de formas de cerrado, desde os campos limpos abertos e ensolarados até os cerradões mais densos e sombrios.

Os itens 2º e 3º nos levam a considerar as formas savanícolas de cerrado (campo sujo, campo cerrado e cerrado "s.s.") como formas oreádicas ecotonais entre a floresta xeromorfa e o campo limpo.

Finalizando, desejamos concluir de forma global este nosso conceito, dizendo que consideramos o cerrado como um complexo de formações oreádicas; suas formas savanícolas ou intermediárias representam verdadeiros ecotonos de vegetação, entre as formas florestal (cerradão) e campestre (campo limpo). As formas savanícolas podem apresentar a mais ampla gama de características fisionômicas e estruturais intermediárias, dependendo de as condições ecológicas, em cada ecossistema, se aproximarem ora mais do ótimo campestre, ora mais do ótimo florestal.

3. - A Origem do Cerrado

Como são justamente as formas ecotonais de vegetação oreádica, de fisionomia savanícola, as que mais têm atraído a atenção de fitogeógrafos, geomorfólogos e botânicos, impressionados talvez com a magnitude das superfícies recobertas por elas, nos tempos atuais, acreditamos residir aí, ao lado da contrastante ecologia das duas formações oreádicas extremas (campo limpo e cerradão), grande parte das razões da existência de tanta controvérsia a respeito da origem e formação de nossos cerrados. Refe -

rindo-se ao problema das savanas, assim se expressa Beard (1953): "Much of the confusion about the ecological relationships of savanna has evidently resulted from the fact that some areas suggest one explanation, some another." (l.c. pg. 214).

As diversas hipóteses levantadas para explicar a origem e formação das savanas tropicais, entre as quais se colocam diversas formas de cerrado, podem ser assim resumidas (vejam-se Alvim, 1954; Beard, 1953; Bourlière e Hadley, 1970; Tricard e Cailleux, 1965):

- 1) Hipótese paleoclimática - de acordo com esta hipótese as savanas se originariam em consequência de oscilações paleoclimáticas. Em períodos paleoclimaticamente mais secos, as florestas que até então porventura recobrissem solos arenosos, de baixa capacidade de campo, não mais conseguiriam perdurar, entrando em decadência e morte. Com isto a situação de umidade do solo se tornaria mais crítica ainda, pois desapareceria a proteção dada ao solo pela cobertura vegetal densa. Nestas condições se instalaria a savana.
- 2) Hipótese climática - segundo os defensores desta hipótese, como Bates (1948), Bews (1929, cit. por Beard, 1953), Bouillene (1930), Keay (1951, cit. por Blydenstein, 1967), Myers (1936), Schimper (1898) e Warming (1908), as savanas seriam uma decorrência do clima tropical (com duas estações definidas, uma seca e outra de chuvas), impróprio para o desenvolvimento de uma vegetação florestal. Alguns daqueles autores falam mesmo em "clima de savana". Assim, a deficiência de suprimento hídrico durante um certo período do ano é que seria o fator impeditivo do desenvolvimento de uma vegetação mais exuberante: a floresta.
- 3) Hipótese geomorfológica - neste caso, a distribuição das sava-

nas estaria condicionada primariamente a condições geomorfológicas, ocorrendo os cerrados nos peneplanos do Brasil Central (Cole, 1958, 1959, 1960).

4) Hipótese edáfico-física - as más condições físicas do solo - como a presença de couraças lateríticas duras, impenetráveis e impermeáveis, dificultando o desenvolvimento dos sistemas subterrâneos das plantas e determinando uma drenagem deficiente da água - seriam os fatores responsáveis pela ocorrência de savana, segundo Beard (1949, 1953, 1955).

5) Hipótese edáfico-química - aqui os autores atribuem às condições químicas do solo, nutricionais ou tóxicas, o papel mais relevante no condicionamento das savanas (Alvim, 1954; Alvim e Araújo, 1952; Arens, 1958, 1963; Goodland, 1969, 1971b; Goodland e Pollard, 1973; Hardy, 1945; Waibel, 1948).

6) Hipótese pirogenética - alguns autores, como Walter (1971), admitem que determinados "grasslands" que ocorrem em zonas montanhosas sejam condicionados por queimadas naturais, provocadas possivelmente por raios.

7) Hipótese biótica - este seria o caso de certas savanas da África, originadas pela intensa atividade de populações de grandes herbívoros, como elefantes, por exemplo (Buechner e Dawkins, 1961; Curry-Lindahl, 1968).

8) Hipótese antrópica - segundo Aristeguieta (1959), Aubréville (1961), Bates (1948), Blydenstein (1967), Budowski (1956, 1966) e Myers (1936), muitas savanas se originariam graças às atividades incendiárias, agrícolas e pastoris do homem. Com relação às formas savânicas de nosso cerrado, Lund (cit. por Warming, 1908) admitia que elas se originassem pela reincidência de queimadas em

áreas primitivamente cobertas por florestas, como cerradões ou matas mesófilas. Coutinho (1962), Ferri (1943, 1944, 1955, 1960, 1963a, 1974), Rawitscher (1942a, b, 1944, 1948, 1949, 1951a, b), Rawitscher e Rachid (1946), admitem também esta hipótese, sem, contudo, excluir a possibilidade de que outros cerrados possam ter sua origem devida a condições ambientais diversas.

4. - *Objetivos do Trabalho*

Apesar de as queimadas constituírem um fator de inegável importância na ecologia do cerrado, a ponto de se atribuir a elas a razão principal da existência de muitas áreas savanícolas em nosso país, o fator fogo foi, sem dúvida, aquele que menor atenção mereceu por parte dos pesquisadores interessados na ecologia do cerrado, no sentido de investigá-lo experimentalmente (Goodland, 1966; Labouriau, 1963, 1966b).

* No presente trabalho procuramos contribuir com novas informações a respeito deste aspecto da ecologia do cerrado, investigando um dos efeitos das queimadas, qual seja a intensa floração de muitas espécies herbáceas e subarbustivas alguns dias após a queima. Este fenômeno chamou nossa atenção de modo especial pelo fato de estar relacionado com a reprodução sexual de tais espécies e, assim, com sua vitalidade e com a dinâmica das comunidades que constituem.

Foi nosso objetivo neste trabalho levantar as espécies que respondem à queimada com a produção de flores; estabelecer padrões de resposta, caso eles fossem diversos; determinar a qualidade desta resposta, isto é, se se tratava de mera

distensão de estruturas embrionárias dormentes ou de um processo morfogênético de indução floral; determinar o modo de ação do fogo, testando algumas hipóteses como: efeito térmico, efeito de gases provenientes da combustão, efeito da destruição dos órgãos epigeus. Além disto procuramos estabelecer a importância relativa de outros fatores eventualmente condicionantes da floração, como por exemplo o fotoperíodo.

II - O FOGO COMO FATOR ECOLÓGICO

1. - As Queimadas Naturais

A primeira questão que se nos apresenta em relação ao fogo como um fator ecológico é saber se o podemos considerar como um fator natural, de significativa importância, ou meramente como um fator antropogênico.

Até bem pouco tempo a ocorrência de incêndios naturais era sempre tida como bastante improvável, e os autores em geral recusavam-se a aceitar a importância deste fator natural alegando a falta de dados concretos. Todavia, mais importante que a falta de dados era, em realidade, a falta de pesquisas no sentido de levantar aqueles dados.

O acúmulo de informações nos últimos anos demonstra, entretanto, que os incêndios naturais da cobertura vegetal são freqüentes, exercendo, por certo, um apreciável papel ecológico.

As queimadas naturais podem ter origens diversas, quais sejam: vulcanismo, descargas elétricas, combustão espontânea, atrito entre rochas por movimentos da crosta ou por queda de grande matações em zonas escarpadas, atrito de madeira contra madeira (veja-se Stewart, 1956). As ocorrências de queimadas originadas por vulcanismo, combustão espontânea (Viosca, 1931), atrito entre rochas (Killick, 1962, cit. por Walter, 1973; Phillips, 1968) são, sem dúvida, mais raras ou de efeitos mais locais. Já as queimadas originadas por descargas elétricas são bem mais freqüentes e de reconhecida importância ecológica, pelo menos para aquelas regiões onde sua freqüência já foi investigada cienti-

ficamente. São bastante expressivos os cálculos apresentados por Komarek (1964) de que, a cada segundo, cerca de 100 raios atingem a superfície da Terra, com a agravante de que um mesmo raio pode atingir vários locais ao mesmo tempo, graças às suas ramificações. Segundo aquele autor (Komarek, 1968), já se contaram até 47 pontos de descarga para um único raio. Outro fato que nos parece digno de nota é que a grande maioria das descargas elétricas ocorre sobre os continentes, conforme registros feitos pelo satélite OSO -B, embora a nebulosidade aí não seja diferente da dos oceanos (Vorpahl e col., 1970).

Para se poder avaliar qual a significância do número de incêndios provocados por descargas elétricas, Walter (1967) apresenta dados relativos a Pretória, na África do Sul, onde se observa que, de 1955 a 1959, do total de queimadas ocorridas anualmente, naturais ou não, 6,3 a 16,9% delas foram iniciadas por descargas elétricas. Resumindo, aquele autor diz: "Zusammenfassend dürfen wir auf Grund der angeführten Tatsachen die Schlussfolgerung ziehen, dass das Feuer in sehr vielen Klimazonen der Erde als ein natürlicher klimatischer Faktor zu betrachten ist, der den Charakter und die floristische Zusammensetzung der Vegetation in starkem Mass mitbestimmt." (l.c. pg. 119).

Nas "prairies" e nas florestas temperadas da América do Norte, as queimas provocadas por raios são relativamente frequentes (Walter, 1967), como também na Austrália, onde 350.000 acres (141.645 ha) de floresta foram queimados entre 19 e 25 de janeiro de 1961 por incêndios provocados por raios (Komarek, 1968).

Segundo Komarek (1972) ... "All that is nec -

essary for natural fires to occur anywhere is to have (1) lightning as the primary ignition source, and (2) a fire climate conducive for the burning and spread of the fires resultant from the lightning strike." (l.c. pg. 474). A estes dois requisitos adicionamos um terceiro, a existência de combustível, no caso a cobertura vegetal, em quantidade e condição adequadas para se iniciar e propagar o incêndio. Em geral, menos que 1 tonelada de fitomassa por hectare é insuficiente para que o fogo se propague (Gillet, 1967, cit. por Schnell, 1971). Komarek (1966) e Walter (1967) são de opinião que os incêndios naturais constituem uma força regenerativa importante, por provocarem um constante câmbio nas comunidades, câmbio este necessário para permitir a manutenção da flora e da fauna em geral. As queimadas naturais auxiliariam, assim, a manter uma diversidade maior de comunidades e de espécies, contribuindo para impedir que tudo se convertesse em comunidades climáticas.

Um dos argumentos apresentados por aqueles que não crêem na importância das descargas elétricas como fonte de extensos incêndios naturais de vegetação nos trópicos é o fato de que, em muitas destas regiões, tais descargas são seguidas por pesadas chuvas, o que apagaria o incêndio eventualmente iniciado (Schnell, 1971; Ferri, 1974). Todavia, nos trópicos ninguém desconhece o fato de que as chuvas de verão se precipitam em áreas ou faixas perfeitamente delimitadas, podendo chover intensamente em um local e a 10 metros dele não. Daí o nosso caboclo do interior referir-se a elas como "chuvas-de-manga" ou "mangas d'água", o que significa um corredor de chuva. Se admitirmos que os raios não caem sempre e obrigatoriamente dentro da faixa de chuva, mas que podem

atingir áreas ao lado, graças talvez às suas múltiplas ramificações, é fácil imaginar que eles possam causar incêndios naturais na vegetação até mesmo em climas onde a ocorrência de tempestades eletromagnéticas secas não seja comum. Por outro lado, se a frequência de incêndios naturais provocados por raios for atualmente baixa em zonas de campos e savanas, isto pode ser devido, em grande parte, ao fato de o homem se antecipar aos raios em tal tarefa, queimando estas áreas em plena estação seca, antes da chegada das chuvas. Queimando com certa frequência, o homem não deixa que se acumule grande quantidade de massa vegetal seca, durante anos, reduzindo assim a probabilidade e a periculosidade dos incêndios naturais. Se o homem não queimasse, o folheto seco se acumularia de ano para ano, possibilitando aos incêndios naturais provocados por raios serem mais frequentes, desastrosos e conhecidos. O uso das savanas e campos como pastagens também contribui para reduzir a cobertura herbácea, diminuindo o potencial de inflamabilidade de tais áreas (Eyre, 1968). Segundo Budowski (1966) ... "Isolated mountain peaks with no indication of human encroachment have been burned in southern Venezuela and this must also be attributed to lightning". ... "Frequent fires on an annual basis as practiced today considerably reduce the hazards of potential lightning fires." (l.c. pg. 6). Walter (1973) admite que ... "Blitzschlag war Früher sicher die häufigste Ursache von natürlichen Bränden". (l.c. pg. 103). ... "Zusammenfassend kann man somit feststellen, das das Feuer ein natürlicher ökologischer Faktor ist..." (l.c. pg. 105).

2. - *As Queimadas Naturais no Passado Geológico*

Quanto aos incêndios naturais provocados por raios em épocas geologicamente remotas, Komarek (1972) refere-se à frequente ocorrência de fusaina, forma geralmente pulverulenta de carvão vegetal encontrada nas jazidas, junto ao carvão mineral, tida pelos petrologistas como oriunda de queimadas das florestas, que no paleozóico dominavam extensas áreas. Por ser ela bastante comum nas minas de carvão, acredita-se que tais queimadas tenham se originado naquelas eras remotas, por descargas elétricas. Fulguritos, ao lado de troncos petrificados, com cicatrizes provocadas por fogo e por raios, datados do mioceno, são outros documentos que atestam a antiguidade do fogo natural como fator ecológico (Komarek, 1972). Harris (1958) também discute o problema e apresenta provas de queimadas naturais provocadas por raios durante o mesozóico.

Wymstra e Der Hammen (1966, cit. por Blydenstein, 1968) realizaram estudos polínicos na Guiana Britânica e na Colômbia, e concluíram que nos últimos 10.000 anos um equilíbrio instável existiu entre florestas e "grasslands" daquelas regiões. Os autores são de opinião que uma interferência humana significativa neste equilíbrio só deva ter ocorrido de apenas 1.000 anos para cá, sendo que as flutuações anteriores devam ter sido causadas por fatores naturais como secas intensas e queimadas provocadas por raios.

3. - *As Queimadas Antropogênicas*

Ninguém duvida que atualmente o homem é o prin

principal causador de incêndios de vegetação e que o número e a frequência deles são superiores aos dos incêndios naturais ocorridos em épocas pré-humanas.

Inúmeras indicações antropológicas e pré-históricas demonstram, todavia, que este hábito incendiário do homem é bastante antigo. Segundo Stewart (1956), o *Sinanthropus pekinesis* foi o primeiro antropóide a usar ou controlar o fogo, em pleno médio pleistoceno, isto é, há quase 500.000 anos atrás. Desde essa época, a presença de carvão e cinzas no interior de cavernas, onde os raios não poderiam criar incêndios, constitui sinal do uso do fogo pelo homem. Anteriormente ao pleistoceno tais achados são muito raros.

Rawitscher (1951b) refere-se a análises polínicas que demonstraram que o homem neolítico da Europa boreal abria clareiras na floresta por meio do fogo.

Na África há indicações de queimadas de vegetação realizadas 600 anos A.C., sendo que a Bíblia fala em queimadas mais antigas ainda (Jeffreys, 1951).

Estudos recentes feitos no Texas demonstraram pelo método do C^{14} que o homem deve ter chegado à América do Norte há mais de 30.000 anos (Schwabe, 1968). Segundo Zerries (1968), no fim do pleistoceno o homem passou da América do Norte para a América do Sul através do istmo de Darien. Os primeiros indícios do homem na América do Sul datam de mais de 16.000 anos, segundo medições de C^{14} feitas em ossadas humanas encontradas na Venezuela (Rouse e Cruxent, 1963, cit. por Sternberg, 1968). Há quase 11.000 anos ele já havia chegado à Patagônia, no extremo sul do continente (Rubin e Berthold, 1961, cit. por Sternberg, 1968). No

Brasil, o Homem de Lagoa Santa, encontrado por Lund, data de aproximadamente 10.000 anos atrás, sendo que o nosso litoral foi ocupado um pouco mais tarde (8.000 anos) e a Amazônia há apenas 3.000 anos, segundo os dados conhecidos até pouco tempo (Mendes, 1970) .

Não se duvida que o hábito de atear fogo à vegetação já existia entre as populações indígenas americanas, antes mesmo de seu primeiro contacto com os descobridores europeus. Stewart (1951) refere-se a documentos datados de 1528-1536, atribuídos a Cabeza de Vaca, onde estão descritos os hábitos incendiários dos índios. Estudos feitos em secções de troncos de sequóias e outras árvores de grande longevidade, na América do Norte, mostraram cicatrizes provocadas por incêndios pré-colombianos, com uma frequência de um para cada 25 ou até mesmo 8 anos (Cooper, 1961). O próprio nome Terra do Fogo, dado por Magalhães durante sua passagem pelo estreito que lhe leva o nome, reflete o grande número de incêndios observados por aquele navegador em épocas históricas , provocados pelos nativos.

A importância da presença do homem pré-histórico ou selvícola como elemento perturbador da paisagem vegetal em tempos pré-colombianos é desacreditada por muitos autores, como salienta Sternberg (1968): "There appears to be a widespread misapprehension that man had not been present in South America for a sufficient length of time to effect significant changes before conquest." (l.c. pg. 414). Todavia, "...the established date of man's entry into South America is being progressively moved back. ... An underestimate of the number of aborigines who, at the time of contact, lived in the lowlands and moderately elevated plateaux of South America can also lead one to minimize their impact on the

landscape." (l.c. pgs. 414 e 415). Mais adiante o mesmo autor assim se refere ao uso do fogo pelos ameríndios: "Technological western man was to apply powerful new tools to the transformation of the organic scene. But one of the most potent instruments of ecological change of all times was already in the hands of even stone-age Amerinds. That instrument was fire". (l.c. pg. 418).

No Brasil, o clima mais frio e mais seco que há 10.000 anos existia, por exemplo, na região de Lagoa Santa, conforme afirmam Hurt e Blasi (1969, cit. por Mendes, 1970), muito provavelmente favorecia o uso frequente do fogo pelo homem que ali vivia, provocando queimadas intencionais ou mesmo acidentais. Quanto à antiguidade das queimadas em nosso cerrado, o dado mais exato de que dispomos é o de Berger e Libby (1966, cit. por Sternberg, 1968), que se refere a carvões vegetais coletados sob solo de cerrado, em Brasília, e datados de mais de 1.600 anos.

As causas que têm levado o homem, desde os seus primórdios até os dias atuais, a atear fogo à vegetação são muito variadas. Como Kuhnoltz-Lordat (1938) e Lemée (1967), poderíamos distinguir três grupos básicos de incêndios: a) pré-culturais - de origem remota na história e pré-história, b) culturais-utilizados para limpeza de plantações, fins agrícolas e silviculturais e c) pastorais - de uso corrente nos trópicos, servindo para criação e manutenção de pastagens.

O homem primitivo, os índios, usavam e ainda usam atear fogo à vegetação por motivos diversos (Bartlett, 1956; Budowski, 1966; Day, 1953; Eiten, 1972; Jackson, 1956; Setzer, 1967; Stewart, 1951). Para abrir clareiras no interior de florestas com o fim de aí instalar suas aldeias, o fogo era ateado à

vegetação em pé ou previamente derrubada. A vida nômade destes povos, provocada pelo escasseamento da caça nas regiões habitadas já por algum tempo, contribuiu para que essas queimadas se repetissem com certa frequência. A abertura de caminhos através de densos matagais difíceis de transpor, durante longas caminhadas para a mudança das aldeias, era também motivo para a realização de queimadas.

A limpeza dos terrenos em volta das aldeias, por meio de queimadas periódicas da vegetação, era um meio usado para impedir que o mato se adensasse e criasse um perigo maior em queimadas acidentais. Tais limpezas podiam ter também outras razões como abrir o campo visual para que a aldeia não fosse apanhada de surpresa por uma tribo inimiga, afastar animais peçonhentos ou ferozes, ou pelo prazer que o espetáculo de uma queimada podia proporcionar.

Nas guerras, o fogo se constituía numa excelente arma. Cercar o inimigo com uma faixa de fogo era uma boa tática de ataque. Atear fogo contra ele, ao perceber um ataque iminente, era uma tática de defesa, para afastá-lo ou para permitir a própria fuga.

Na caça, o fogo era também usado como uma arma valiosa, seja para matar o animal cercado pelas chamas, seja para forçá-lo a escapar por saídas propositalmente preparadas, onde o caçador o esperava para flechá-lo. Outras vezes o fogo servia para destruir esconderijos ou para levantar a caça amoitada. O fogo era usado até mesmo para atrair a caça, pois, nas áreas de campo ou savana, após a queimada, os brotos tenros do capim, que logo surgem da terra, são muito apreciados por certos herbívoros. A

própria cinza servia também de isca, atraindo os animais que a vi-
nham lambar em procura de sal.

A coleta de mel, em colmeias ou vespeiros de in-
setos agressivos, era muitas vezes feita após atear fogo à vegeta-
ção ao redor, para abrandar a fúria dos fabricantes daquele aprecia-
do produto, ou matá-los.

Entre as tribos culturalmente mais evoluídas ,
as queimadas eram também praticadas para fins agrícolas, não só pa-
ra abrir novas áreas de plantio, mas até mesmo com o objetivo de
adubar a terra com a cinza resultante. A prática do "chitemene" na
Rodésia do Norte, ou do "parka" na Índia, que consiste em cortar
ramos de árvores, arbustos, etc, e queimá-los nas roças antes do
plantio, para assim adubar a terra (Bartlett, 1956), talvez seja
uma reminiscência de um costume bem mais antigo.

Certas tribos indígenas da América do Sul credi-
tavam que, com a produção de fumaça pelas queimadas, a chuva era a-
traída, e assim procuravam amenizar longos períodos de seca (Do -
brizhoffer, 1822, cit. por Sternberg, 1968).

O homem moderno mantém ainda muitas das práticas
que acima mencionamos, além de outras como as derrubadas e queima-
das extensivas de florestas para a abertura de novas áreas agríco-
las, de novas estradas, para alimentar os altos fornos das siderúr-
gicas, etc. As áreas campestres são habitualmente queimadas, em in-
tervalos de um ou dois anos, para destruir a palha seca e permitir
que as gramíneas produzam novos brotos, tenros e apreciados pelo ga-
do; outras vezes elas são queimadas para eliminar plantas ou ani-
mais daninhos.

Em certas regiões de clima temperado, o fogo é
usado como uma técnica de manejo de certas florestas de pinheiros ,

de grande interesse econômico pela madeira que produzem, evitando que elas sejam invadidas e sucedidas por outras espécies de pouco valor (Cooper, 1961).

Embora acidentalmente, até mesmo razões religiosas podem ser responsáveis por muitas queimadas, como acontece no Brasil com os conhecidos balões soltos em plena época seca, nas festas juninas. Muita queimada se faz, entretanto, sem nenhuma razão aparente, a não ser pelo espetáculo "pirotécnico" que ela proporciona ou pelo desejo, talvez, de fazer retornar o verde a paisagens ressequidas, pardacentas e desoladoras, típicas da época seca nas savanas tropicais.

O fumante é frequentemente acusado de ser um grande causador de incêndios acidentais, pelo descuido com que atira fora os tocos acessos de seus cigarros. Uma investigação curiosa realizada por Vareschi (1962) mostra, entretanto, que nos "llanos" da Venezuela dificilmente as queimadas poderiam ter tal origem. O autor chegou a esta conclusão ao verificar que a temperatura necessária para iniciar a combustão da palha seca de diversas espécies de gramíneas comuns àquela vegetação era, em geral, bem maior (130 a 160°C) que a temperatura da brasa do cigarro (50 a 120°C). A queima da cortiça dos troncos exigia temperaturas mais elevadas ainda. Assim, ou tais queimadas são propositais ou o descuido reside em não apagar o fósforo.

4. - Efeitos das Queimadas

4.1. - Temperatura do ar e do solo

Um dos efeitos mais imediatos resultantes de

uma queimada é a elevação da temperatura local. É claro que a intensidade de tal efeito depende em grande parte da quantidade de massa vegetal comburente que recobre o terreno. Por esta razão, os incêndios florestais desenvolvem temperaturas muito mais elevadas que aqueles ocorridos em zonas de campo ou de savana (Beadle, 1940).

Medindo a temperatura do ar à superfície do solo e a diferentes alturas acima dele, num campo onde as gramíneas atingiam até 50 cm de altura, próximo a Dakar, Pitot e Masson (1951) encontraram valores mais elevados àquela altura do chão (cerca de 320°C). À superfície do solo a temperatura se elevou bem menos, e mais tardiamente, atingindo 90 a 110°C no máximo, cerca de 2 horas após a passagem das chamas.

Vareschi (1962) fez observações semelhantes numa savana da Venezuela, mostrando que a temperatura no topo das chamas podia chegar a mais de 600°C. Quando a área queimada possuía arbustos e árvores, a temperatura podia elevar-se acima de 800°C. No centro das chamas a temperatura elevava-se a 300-400°C. À superfície do solo os valores mantiveram-se entre 70 e 90°C, não se elevando, portanto, demasiadamente. A 2 cm de profundidade no solo, o aquecimento foi de apenas frações de grau. Aquele autor chama a atenção para o fato de que a simples insolação direta do solo pode elevar a temperatura de sua superfície a valores semelhantes, com a agravante de que, durante a queimada, tais níveis térmicos ocorrem apenas por alguns instantes, quando pela insolação eles podem perdurar por horas seguidas. Deste fato o autor infere que nas savanas, que estudou, a queima não deve influenciar a microbiologia do solo pela elevação de temperatura, de-

vendo fazê-lo mais pelas alterações químicas produzidas. O baixo aquecimento da superfície do solo é explicado pela intensa ventilação que aí se produz como consequência das correntes conveccionais que se formam no interior das chamas.

Jaeger e Adam (1967) mediram temperaturas de apenas 52-56°C no interior de touceiras de capim, durante uma queimada, mostrando que nas vizinhanças do solo os valores térmicos são relativamente baixos. Walter (1971) também se refere às baixas temperaturas próximas ao solo, dizendo que em geral elas ficam entre 70 e 100°C.

O grau de aquecimento do solo durante uma queimada depende, é natural, de uma série de fatores (Beadle, 1940 ; Pitot e Masson, 1951) além da massa vegetal comburente por unidade de área. O grau de umidade do solo é de extrema importância ; solos úmidos se aquecem bem menos durante uma queimada, pois, além de terem maior calor específico e de conduzirem mais facilmente o calor, perdem-no pela evaporação. Assim, conforme a queimada seja feita numa estação chuvosa ou numa estação seca, os seus efeitos sobre o aquecimento do solo poderão ser diversos. O grau de umidade presente na massa vegetal também é de grande importância, influenciando sobre as temperaturas desenvolvidas. Material muito seco leva a uma combustão muito rápida; se houver muita umidade o incêndio iniciado pode nem mesmo se propagar. Neste particular, a hora em que a queimada é realizada também influi, visto que as condições de temperatura e umidade relativa do ar flutuam durante o dia. Por isso, o período do dia entre 13 e 16 horas é, geralmente, o mais favorável à propagação das queimadas, embora, na época seca, até mesmo à noite ela ocorra.

Ainda com respeito à temperatura, uma outra consequência da destruição da massa vegetal pelo fogo é a exposição da superfície do solo à radiação solar diurna e à irradiação térmica noturna, o que provoca um maior aquecimento durante o dia e um maior resfriamento à noite, aumentando assim a amplitude das variações térmicas diárias (Jaeger e Adam, 1967; Kelting, 1957 ; Lloyd, 1968; Tricart e Cailleux, 1965; Viro, 1974).

As plantas que resistem ao efeito destruidor das altas temperaturas desenvolvidas durante os incêndios, denominadas "pirófitas" por Kuhnholz-Lordat (1938), podem apresentar diversos tipos de mecanismos que as protegem contra este fator ambiental. A proteção das gemas sob o solo, ou a sua exposição apenas à superfície deste, parecem ser dispositivos de grande eficiência, caracterizando as formas de vida denominadas criptófitas e hemicriptófitas por Raunkiaer (1934). Tais formas são frequentes nas savanas tropicais de todo o mundo. O desenvolvimento de túnicas isolantes e protetoras em torno das gemas, formadas muitas vezes por restos de bainhas folheares, foi descrito para plantas de nossos cerrados por Warming (1908) e por Rachid-Edwards (1956). Nas árvores e arbustos, o desenvolvimento de espesso súber tem efeito protetor semelhante, com relação ao câmbio. O ápice dos ramos, onde a cortiça ainda não se desenvolveu, é, às vezes, protegido por catafilos densamente pilosos, igualmente refratários ao calor, como ocorre, por exemplo, em *Aspidosperma tomentosum*. Outras vezes são as superfícies lisas e duras dos troncos, de difícil combustão, como ocorre em *Copernicia tectorum* dos "llanos" da Venezuela, que servem como proteção (Tamayo, 1962).

Certas espécies de savana são anuais, tendo vida efêmera, reduzida apenas ao período de umidade; desta forma

conseguem escapar aos efeitos danosos das queimadas. Nos cerrados, espécies anuais são, todavia, raras; a grande maioria das espécies do estrato herbáceo subarbustivo é perene.

4.2. - Umidade do solo

A destruição da fitomassa pela queimada parece poder influir sobre a umidade do solo. Todavia, os resultados obtidos por diferentes autores divergem bastante, indicando que outros fatores também influam concomitantemente. Assim, Savostin (1962, cit. por Blydenstein, 1967) relata resultados que mostram que, em terrenos usados para o cultivo de cana-de-açúcar, a queima resulta num imediato aumento da umidade do solo quando este é arenoso, não havendo efeito quando limoso. Lloyd (1972), ao estudar os efeitos da queima em um "grassland", não encontrou qualquer efeito sobre a umidade do solo. Já Hulbert (1969) verificou em uma "prairie" do Kansas que a remoção do folheto por via mecânica ou pelo fogo provocava uma diminuição da umidade do solo.

4.3. - Matéria orgânica do solo

Quanto a este aspecto dos efeitos das queimadas, os resultados devem divergir bastante, caso consideremos um solo rico em matéria orgânica ou um solo pobre neste componente. No primeiro caso, o fogo pode atuar diretamente sobre a camada superficial do solo, reduzindo aí, ao final, o teor de matéria orgânica. No segundo, tal efeito não é, praticamente, observado. Assim, em ecossistemas como certas florestas de eucalipto (Beadle, 1940), pastagens (Penfound e Kelting, 1950), "Grasslands" (Kelting,

1957), "wooded savannas" e "machi" (Phillips, 1968; Schnell , 1971) as queimadas não produziram apreciáveis reduções no teor de matéria orgânica dos solos. Parece-nos lógico que isto assim aconteça, uma vez que a temperatura à superfície do solo não se eleva muito quando tais tipos de vegetação são incendiados.

4.4. - Nutrientes minerais do solo

O costume de atear fogo à cobertura vegetal tem sido, de longa data, uma prática condenada por um consenso entre a grande maioria dos autores, não só pela destruição da própria vegetação natural, mas também pelo efeito maléfico que as queimadas podem produzir sobre as propriedades do solo, particularmente aquelas de natureza química.

Uma análise mais completa deste problema necessita, entretanto, levar em conta uma série de aspectos, como, por exemplo, o tipo de vegetação que é queimado, o número e a frequência das queimadas, o efeito a curto e a longo prazo, etc.

Em ecossistemas de floresta, um dos efeitos da queimada é a transferência de grande quantidade de nutrientes minerais, até então estocados na fitomassa, para a superfície do solo. Assim, a curto prazo, o incêndio de uma floresta provoca uma eutroficação do solo, se não em todos os nutrientes, pelo menos em alguns deles (Coutinho e Lamberti, 1971; Viro, 1974). A longo prazo ou com a reincidência de queimadas, a tendência será de o solo se empobrecer cada vez mais, fato este para o qual Rawitscher (1946, 1951a) chamou a atenção insistentemente.

Em ecossistemas de vegetação mais aberta, como as savanas, "grasslands", etc, a ocorrência de uma queimada pode provocar aumento de certos nutrientes no solo, como P, Ca, Mg e K (Penfound e Kelting, 1950; Phillips, 1968) ou variações pouco significativas de outros (Lloyd, 1971, 1972; Phillips, 1968).

Um aspecto extremamente importante que deve ser considerado é a grande exportação de nutrientes que o ecossistema incendiado sofre através da fumaça emanada das chamas. O N e o S são elementos que se volatizam com relativa facilidade numa queimada. A temperaturas superiores a 600°C, até mesmo o P pode ser perdido dessa forma. Outros elementos são exportados com a fumaça na forma de pequenas partículas sólidas. Ao estudar a deficiência de S em solos de cerrado, McClung e Freitas (1959) afirmam dispor de dados que mostram que 75% do enxofre contido no capim seco do campo se volatilizam durante a queima, o que poderia explicar a pobreza dos solos de cerrado naquele elemento. Coutinho e Struffaldi (1972) ressaltam a necessidade de estudos sobre a ciclagem de nutrientes via atmosfera nos ecossistemas de cerrado. Enquanto as áreas queimadas exportam este material, outras o estarão importando através da precipitação das partículas sólidas ou da dissolução na água da chuva.

Uma outra via de exportação de nutrientes, já mencionadas por Walter (1939) e por Vareschi (1962), é através do transporte de cinzas pelo vento. Em zonas bem abertas e descampadas, onde o vento não encontra obstáculos, a exportação de nutrientes por esta via poderá ser, talvez, significativa.

4.5. - *Microorganismos do solo*

Correlacionados com os efeitos diretos ou indiretos das queimadas parecem estar certos resultados obtidos com relação à atividade de microorganismos e ao ciclo do nitrogênio. Assim, Mukerjee (1954, cit. por Blydenstein, 1967) verificou que o aquecimento do solo a 45-50°C aumenta a razão de mineralização do N e a fertilidade do solo. Savostin (1962, cit. por Blydenstein, 1968) afirma haver um aumento da nitrificação no solo após a queimada. Ahlgren e Ahlgren (1965) estenderam suas observações durante três anos após a queimada de uma floresta de pinheiros e constataram que o número e a atividade dos microorganismos aumentam a níveis muito altos a partir das primeiras chuvas caídas após a queima, decrescendo nos anos seguintes. Até no terceiro ano ainda notam maior atividade na área queimada, em comparação com áreas controles. Atribuem este efeito ao enriquecimento do solo pelos nutrientes das cinzas (veja-se também Ahlgren, 1974). Birot (1965) também se refere a estes efeitos, afirmando que para *Paspalum* um incêndio tem o mesmo efeito que a aplicação de nitratos.

Apesar de todas as informações bibliográficas aqui reunidas sobre o efeito das queimadas nas propriedades do solo, concordamos com Goodland (1966) quando diz que o fogo é um dos fatores edáficos mais importantes nos ecossistemas de savanas, porém ainda muito pouco conhecido.

4.6. - *Produtividade primária*

Segundo Golley (1972), a produtividade bruta

das savanas tropicais fica ao redor de 12 ton/ha/ano, enquanto que a líquida se reduz a apenas 7 ton/ha/ano.

Um efeito interessante que resulta das queimadas, pelo menos em certos tipos de ecossistemas, é o aumento ou a aceleração da produtividade primária. Penfound e Kelting (1950) verificaram isto numa "prairie" americana, constatando que com a queima o crescimento foi precoce e a palatabilidade da forragem aumentou, pelo menos temporariamente. Weaver e Rowland (1952) atribuem ao acúmulo do "mulch", isto é, da folhagem morta e seca da vegetação herbácea, a redução da produtividade dos "grasslands" não queimados. A sua remoção pelo fogo restaura-lhe a sua produtividade original. Acreditam que este efeito se deva atribuir à maior exposição e conseqüente aquecimento do solo nas áreas queimadas. Kelting (1957) também observa que, em áreas queimadas, a cobertura por gramíneas aumenta, concluindo que o fogo favorece o crescimento dessas plantas. O aumento no crescimento das gramíneas, observado por Kucera e Ehrenreich (1962) em "prairies" queimadas, é atribuído pelos autores ao aumento da temperatura do solo, mais exposto aos raios solares, ao menor sombreamento das folhas novas e à disponibilidade de nutrientes aduzidos ao solo pelas cinzas. Blydenstein (1963) observou que áreas queimadas de savanas da Venezuela apresentam maior produção que áreas carpidas. Observou ainda que as queimadas feitas no início da época seca provocam maior produção que aquelas feitas no fim. Segundo Hugues (1966), o fogo desempenha um importante papel nas comunidades de *Arundinaria tecta*, promovendo seu crescimento e produção. Hulbert (1969) chama a atenção para a importância da remoção do folheto na produção de *Andropogon gerardi*. A resposta similar que obteve, queimando ou carpindo e removendo o material de áreas de "prai -

ries" no Kansas, parece indicar ao autor que o efeito se deva à remoção das partes mortas e secas da vegetação e não ao calor do fogo ou à adubação pelas cinzas. O autor atribui também ao aumento da temperatura do solo e da disponibilidade luminosa, o mais precoce crescimento das áreas tratadas. Odum (1969) refere-se ao uso controlado do fogo para aumentar a produção de madeira em certas florestas de pinheiros. San José e Medina (1975) verificaram em savanas da Venezuela que a queimada provoca um aumento na produção de matéria orgânica. Coutinho e col. (inédito) constataram que, no campo cerrado de Emas, Pirassununga, a época da queimada, seja ela em janeiro ou julho, não influi notavelmente sobre a produtividade primária líquida anual do estrato herbáceo subarbustivo.

Em ecossistemas terrestres oligotróficos, como é o caso do cerrado, consideramos o fogo como um elemento de extrema importância para a promoção da produtividade primária, visto que acelera a ciclagem dos nutrientes minerais. Se considerarmos que $\text{Produção} = \text{Acumulação} + \text{Decomposição}$, em ecossistemas oligotróficos qualquer acumulação mais duradoura traz prejuízos à produção futura, pois imobiliza muitos dos nutrientes minerais necessários a esta.

4.7. - Vegetação

O fogo tem sido apontado, por grande número de autores, como o causador de modificações fitossociológicas, fisiológicas e estruturais da vegetação, atribuindo-se-lhe maior ou menor responsabilidade quanto à existência de muitas savanas na Á-

frica (Bartlett, 1956; Cesar e Menaut, 1974; Hopkins, 1963; Jackson, 1956; Jeffreys, 1951; Kuhnoltz-Lordat, 1938; Lemon, 1968 ; Michelmores, 1939, Ozenda, 1964; Phillips, 1968; Richards. 1952 ; Schnell, 1971; Tricart e Cailleux, 1965), "grasslands", "prairies" e chaparraais na América do Norte (Cooper, 1961; Garren, 1943; Horton e Kraebel, 1955; Oosting, 1956; Stewart, 1951, 1956; Walter , 1967). As queimadas periódicas são por vezes até mesmo indicadas como forma de manejo de certos pinheirais da América do Norte (Lemon, 1949; Little e Moore, 1949) ou de certas savanas da Venezuela, Colômbia e Guianas (Blydenstein, 1968; Budowski, 1956, 1966; Eden , 1967; Goodland, 1965, 1966; Myers, 1936; San José e Fariñas, 1971 ; Vareschi, 1962; Wymstra e Der Hammen, 1966).

No Brasil, o papel do fogo como fator modificador da paisagem vegetal já fora salientado desde o tempo de Saint Hilaire (1824). Lund (cit. por Warming, 1908) atribuía às queimadas freqüentes a principal causa da formação de nossas formas savânicas e campestres de cerrado, sendo o cerradão a forma primitiva de vegetação. Assim diz ele: "Foram as queimas que transformaram as catandivas em cerrados e campos limpos; e estas queimas não são particulares da população imigrada, mas já eram praticadas pelos índios muito tempo antes." (l.c. pg. 100). Warming (1908) reconhece o papel do fogo na transformação de caráter da vegetação campestre, porém não o considera como o fator determinante da sua distribuição. Rawitscher (1942b) dá ênfase ao fator fogo como causador da formação de muitas áreas de cerrado, principalmente no Brasil Meridional, dizendo que, sem as queimadas ou

outras perturbações, em lugar dos cerrados teríamos florestas. Em 1943 aparecem duas novas publicações, uma de autoria de Rawitscher, Ferri e Rachid e outra de Ferri, nas quais o papel do fogo na formação de certos cerrados é ressaltado. Em 1944 Rawitscher insiste "... no Brasil meridional a existência de tanta umidade a cessível às plantas na profundidade dos solos de campo aparentemente áridos comprova que a vegetação atualmente existente não corresponde às condições naturais e não representa o climax para a região. A escassez da vegetação, deve-se, não à falta de água, mas às queimadas anuais." (l.c. pg. 146). Neste mesmo ano Ferri (1944) publica um trabalho relativo à transpiração de plantas do estrato arbóreo-arbustivo de uma área de cerrado, em Emas, Pirassununga, concluindo: "Como conclusão mais importante impõe-se a confirmação das nossas considerações anteriores (5, 34) de que o cerrado estudado não é um tipo primário de vegetação e que deve sua existência a fatores contingentes (derrubadas, queimadas) ." (l.c. pg. 220). Sampaio (1945) também reconhece o papel do fogo como modificador da paisagem, dizendo que ele provoca a diminuição da densidade dos elementos arbóreos. Estudando uma área de campo que hoje faz parte do campus da Universidade de São Paulo, no bairro do Butantã, município de São Paulo, Joly (1950) considera aquela vegetação como secundária, originada pela ação do fogo sobre as florestas primárias que ali existiam. Referindo-se a uma região do sudoeste goiano, Ab'Saber e Costa (1950) afirmam que o homem histórico, com suas atividades de pastoreio e seu sistema de queimadas contribuiu ainda mais para transformar os cerradões em cerrados e cerradinhos, bem como capões de mata em tipos degradados de vegetação. Alvim e Araújo (1952) relatam pela primeira

vez um dos efeitos da proteção de uma área de cerrado contra o fogo, isto é, a sua invasão pelo capim-gordura (*Melinis minutiflora*). Em seu "Étude Écologique des Principales Formations Végétales du Brésil", Aubréville (1961) diz: "En réalité les campos cerrados sont des formations ouvertes et dégradées par l'exploitation humaine, le pâturage et surtout les feux..." (l.c. pg. 102). Em sua opinião as formas savanícolas de cerrado se originariam pela degradação da forma florestal - o cerradão. Reportando-se a uma área de mais de 150.000 km² situada no Estado do Mato Grosso, no Alto Xingu, Setzer (1967) não duvida que os cerrados, que cobrem a maior parte dos interflúvios, resultam das queimadas feitas pelos índios na serra dos Caiabis e no interflúvio entre os rios Paranatinga e Maniçoba-miçu. Heringer (1971) observa que a ausência do fogo e dos animais de grande porte nos cerrados faz com que a vegetação herbácea, no decorrer de vários anos, comece a se destruir pela ausência de luz e excesso de material morto acumulado, condições para as quais ela não foi selecionada. Tentando explicar a ocorrência de densas florestas de babaçu no norte do Brasil, Arens (1956) é de opinião que o fogo favorece a expansão daquela espécie.

Todos estes exemplos nos mostram, sem dúvida, que o fogo é um fator que influi não só nas características estáticas das comunidades, mas também na sua dinâmica.

4.8 - Desenvolvimento das plantas

Além de exercer seu efeito sobre as comunidades, o fogo influi também sobre os próprios indivíduos, agindo

assim, como um fator auto-ecológico. O desenvolvimento das plantas de espécies resistentes às queimadas pode ser bastante afetado por elas nos mais diversos aspectos.

No cerrado, o fogo influi sobre o desenvolvimento dos troncos e ramos dos indivíduos lenhosos, provocando frequentemente uma acentuada tortuosidade. Esta parece ser consequência da morte das gemas apicais, pela ação do fogo, e de um posterior crescimento através da brotação e desenvolvimento de gemas laterais. O crescimento que seria monopodial passa, então, a ser simpodial. Como cada nova ramificação toma uma direção diferente, o simpódio acaba por apresentar um aspecto tortuoso (Eiten, 1972; Ferri, 1971b; Rizzini, 1971a; Warming, 1908). Seria interessante lembrar, entretanto, que o sistema simpodial pode ser normal em algumas destas espécies, uma vez que suas inflorescências são terminais. Assim, a tortuosidade poderia ser encontrada mesmo em indivíduos não sujeitos a queimadas regulares.

Um outro possível efeito das queimadas no cerrado é a aparência anã que certos indivíduos arbóreos apresentam, quando se desenvolvem em áreas frequentemente atingidas pelo fogo. Estes indivíduos tornam-se maduros, florescendo e frutificando normalmente, mas não conseguem crescer mais que alguns decímetros.

A abscisão concomitante da grande maioria das folhas das árvores e arbustos, fazendo com que a vegetação apresente uma fisionomia tipicamente caducifólia, é outro efeito morfológico provocado pelas queimadas. No cerrado, as folhas dos ramos mais altos das árvores nem sempre são carbonizadas pelas chamas. Entretanto, são geralmente danificadas pelas altas tempe-

raturas das massas de ar conveccionais , o que é o bastante para provocar a indução do desenvolvimento da camada de abscisão em seus pecíolos e a queda das folhas.

Na literatura vamos encontrar referência a um outro efeito das queimadas, qual seja o de provocar a deiscência de certos frutos que, de outra forma dificilmente se abririam. Indiretamente o fogo está influenciando, assim, na dispersão das sementes. Este fenômeno ocorre em certas espécies de *Myrtaceae* e *Proteaceae*, dos gêneros *Hakea*, *Banksia*, *Xylomelum*, *Callistemon* (Beadle, 1940; Walter, 1967, 1971). Fato semelhante ocorre com os cones de certos pinheiros, como em *Pinus contorta* e *Picea mariana* (Biro, 1965; Cooper, 1961), que somente abrem as escamas e liberam as sementes após a passagem do fogo. No cerrado, Coutinho (inédito) encontrou efeito similar em *Anemopaegma arvensis*, *Jacaranda decurrens* e numa pequena *Asclepiadaceae* rasteira, cujos frutos são geralmente produzidos muito próximos ao solo. Para estas espécies o fogo não é condição essencial para a deiscência dos frutos. Todavia, promove-a quando eles já estão maduros, fazendo com que isto ocorra alguns dias após a queimada, quando a dispersão das sementes anemocóricas destas espécies fica facilitada pela ausência do manto herbáceo.

* A germinação de sementes também pode ser influenciada pelos efeitos das queimadas. Um exemplo disto poderia ser dado pelos experimentos de Eneroth (1933), que, após adicionar cinzas ao solo de floresta, obtendo assim pH diferentes, observa uma melhoria na germinação de sementes de certas espécies de *Pinus* e *Abies*. Beadle (1940) nos mostra que sementes de casca impermeável suportam muito mais o efeito de altas temperaturas do que

aquelas de casca permeável. Entre as espécies adaptadas às quei-
 mas, que estudou, algumas conseguiram manter suas sementes vivas
 a 100-130°C até por quatro horas seguidas. Em *Rhus ovata*, espé-
 cie cujas sementes possuem casca impermeável à água, Stone e
 Juhrem (1951) verificaram que o fogo promove a sua germinação,
 possivelmente pelo fato de provocar alterações no envoltório da
 semente, permitindo a sua posterior embebição. Went e col. (1952)
 observam que em áreas queimadas do chaparral há um número muito
 maior de sementes em germinação que nas áreas não queimadas. Atri-
 buem este fato não só ao efeito direto do fogo sobre a permeabili-
 dade da casca das sementes, mas também à remoção do folheto, onde
 estariam presentes certos inibidores de germinação.

Os resíduos de folhas e caules parcialmente
 carbonizados, deixados à superfície do solo após uma queimada, se
 constituem num excelente substrato para a germinação de sementes,
 favorecendo, assim, a germinação de certas espécies, como *Arundi-
 naria tecta*, cujas populações dependem muito do fator fogo para
 se perpetuarem (Hugues, 1966). Este fato pode ser devido até mes-
 mo à coloração escura da superfície do solo, deixada após uma
 queima; Ludwig e Harper (1958) demonstram que os solos mais escu-
 ros aquecem-se mais com a radiação direta, podendo favorecer com
 isto uma germinação maior e uma emergência mais rápida das plântu-
 las.

Estudando os efeitos do fogo sobre a reprodu-
 ção de algumas plantas dos "llanos" da Venezuela, Boscan (1967)
 conclui que "el fuego es un factor negativo que limita la repro-
 ducción por semillas de las plantas leñosas del llano." (l.c. pg.
 99).

Para os nossos cerrados, Rizzini (1971b) afirma não existirem aí sementes pirófilas, isto é, que sejam beneficiadas diretamente pelo fator fogo em sua germinação. Todavia, Heringer (1971) afirma que o fogo facilita a germinação de sementes no cerrado. Segundo ele, muitas sementes são encontradas germinando após o fogo, porém a sua reincidência, ano após ano, acaba destruindo quase cem por cento das plântulas.

De todos os efeitos piromorfo genéticos, aquele que nos parece mais impressionante é a resposta floral que muitas espécies apresentam, após a ocorrência de uma queimada. Na bibliografia botânica relativa à vegetação brasileira, este fenômeno já se acha mencionado desde as viagens de Saint Hilaire (1824). Referindo-se a uma viagem que realizou no mês de maio, nos Estados de Minas Gerais e de Goiás, aquele autor assim se refere: "Les fleurs ^{deviennent} devoient chaque jour plus rare, et, si j'en trouvois encore, c'étoit presque uniquement dans les quemadas, nom que l'on donne aux campos où le feu a été mis récemment. ... quand l'herbe qui repousse a atteint la longueur du doigt, on ... voit constamment plusieurs plantes fleuries parmi les feuilles naissantes des graminées." (l.c. pg. 42). Em outro trabalho aquele mesmo autor (Saint Hilaire, 1937) relata: "Mal um campo natural acabou de ser queimado, e já, no meio das cinzas negras de que está coberta a terra, aparecem aqui e ali plantas anãs, frequentemente aveludadas, cujas folhas são sésseis e pouco desenvolvidas, e que em pouco tempo dão flor." (l.c. pg. 36, tomo II).

Löfgren (1898) também se refere a este fenômeno de nossos cerrados, descrevendo até mesmo a sequência com que aparecem as flores de diferentes coloridos, após a queima. Assim,

primeiro viriam as azuis, lilazes e roxas, depois as amarelas, depois as brancas e por fim as vermelhas e encarnadas.

Foi Warming (1908), todavia, quem, pela primeira vez, mais se deteve no estudo das queimadas e de seus efeitos sobre a vegetação de nosso cerrado. Entre estes cita ele: " Outra consequencia biologica notavel das queimas é um adeantamento da primavera; não somente as arvores mostram signaes de novas folhas mas brotos novos e bonitas flores surgem do solo negro; a cinza do capim queimado attrahe a humidade como o salitre, dizem, e em todo caso actua como adubo para, junto com o abundante orvalho, que cahe cada noite, adeantar a vinda da primavera." (l.c. pg. 89). Warming chama a atenção, ainda, para o efeito diverso observado entre queimadas precoces e tardias. Estas últimas produzem um brotamento e floração da flora herbáceo-subarborescente muito mais rápidos, destruindo os novos brotos e flores das árvores e matando muitos delas. (Assim, as queimadas tardias, observadas por ele em outubro, quando as primeiras chuvas já estão chegando, são, de um lado, altamente favoráveis ao estrato herbáceo, pois promovem um rebrotamento e floração intensos; de outro lado, são desfavoráveis aos elementos arbóreos, matando mesmo tais plantas. Para usar suas próprias palavras, reproduzimos aqui um trecho em que ele se refere aos efeitos de uma queimada feita em 8 de outubro de 1864: "...; mas agora não houve renovação geral, as folhas murchas ficaram pendentes durante o anno todo, e mais nenhum broto normal novo veio naquelle anno e quasi todas as arvores permaneceram sem folhas durante o periodo chuvoso, morrendo muitas que alguns mezes depois cahiram quebradas. Mas já em 25 de outubro todo o chão do cerrado estava forrado de inumeros brotos e flores no-

vas e frescas, e nunca vi um campo mais lindo. As folhas das gramináceas estavam em moitas espessas (ainda não havia inflorescências); outras ervas floridas havia-as em enorme quantidade e muito mais altas e fortes do que de ordinário;..." (l.c. pg. 90).

Com respeito às espécies que respondem com a floração logo após uma queimada, Warming (1908) cita aproximadamente 70 delas. Refere-se ainda ao fato de que, ao lado de algumas que florescem tanto nos campos queimados como nos não queimados, ... "muitas espécies há que florescem muito pouco nos campos não queimados, e mais de uma espécie parece não receber bastante luz e espaço entre o capim alto e secco para desenvolver as suas flores: as queimas então lhes facultam isso". (l.c. pg. 92).

Hoehne (1923), Pilger (1901), Wettstein (1970) são outros autores que se referem à intensa floração das espécies herbáceo subarborescentes após as queimadas nos cerrados. Lundell (1937) observa também efeito semelhante nas savanas de Petén. Kuhnholz-Lordat (1938), estudando mais aprofundadamente as plantas que resistem às queimadas, diz: "Il y a des végétaux qui résistent plus ou moins longtemps à la flamme; il y en a même dont la multiplication ou la reproduction se trouve stimulée par le feu: Ce sont des pyrophytes." (l.c. pg. 31). Malme (1940) estuda as plantas por ele denominadas "plantas de queimadas", em cerrados do Mato Grosso, e atribui o seu rápido desenvolvimento e floração à elevação momentânea da temperatura durante a passagem do fogo. Cita ainda Fries (1908), que interpreta este efeito das queimadas como uma consequência da denudação do solo e seu ulterior maior aquecimento durante o dia, lembrando que a cor negra devida aos restos carbonizados das plantas ajuda ainda mais este aquecimento.

Mais recentemente, outros autores como Rawitscher (1948), Joly (1950) e Kuhlmann (1952) também mencionam em seus trabalhos o efeito estimulador do fogo sobre a floração da vegetação campestre. Rachid-Edwards (1956) refere-se à intensa floração do sapé (*Imperata brasiliensis*) após as queimadas. Rizzi e Heringer (1961) mencionam o fato de *Lantana montevidensis* só produzir brotos florais após a queima. Ressaltando a falta de estudos sobre a floração de espécies de cerrado, Labouriau (1963) afirma: "Um outro aspecto inexplorado do estudo da floração das plantas do Cerrado tem como ponto de partida a observação, já antiga, de que frequentemente florescem os Cerrados com máxima abundância após as queimadas." (l.c. pg. 265). Menezes e col. (1969) referem-se também à floração de *Pfaffia jubata*, espécie comum nos campos e cerrados, logo após a queima. Meguro (1969) realiza um trabalho de natureza fisiológica sobre a floração do sapé (*Imperata brasiliensis*) observando que em qualquer época do ano que esta planta seja queimada, logo após ocorre uma resposta floral. A simples poda das folhas produz uma floração fraca. Conclui, então, que o fogo teria um duplo papel, isto é, o de eliminar as folhas e um possível inibidor de floração nelas presente, e o de estimular, por ação térmica ou de gases da combustão, a formação de um hormônio promotor da floração, como giberelina. Ferri (1971a) refere-se à modificação do hábito floral de *Cochlospermum regium* produzido pela queima: plantas não queimadas produzem flores durante a estação seca em ramos longos e velhos, desenvolvidos durante o período vegetativo anterior; plantas queimadas florescem na mesma época, porém as flores são produzidas em ramos curtos, brotados do chão logo após a queima.

Em outros tipos de vegetação, como os "llanos", os "grasslands" e as "prairies", vamos encontrar este mesmo efeito do fogo descrito e investigado por diversos autores. Curtis e Partch (1950) o descrevem em *Andropogon gerardi*, mostrando que a queima ou a poda estimulam a floração desta espécie, concluindo que o maior aquecimento do solo exposto e a maior luminosidade disponível aos brotos, após a queimada, é que seriam os fatores responsáveis por aquela resposta floral mais intensa. Stone (1951) também verifica que a queima ou a poda estimulam a floração de *Brodiaea inxioides*, e que a exposição da planta a altas intensidades luminosas, em laboratório, a leva a florescer. Assim, admitem que o papel da queima ou da poda seria o de eliminar o sombreamento a que aquelas plantas ficam sujeitas. Weaver e Rowland (1952) confirmam os dados de Curtis e Partch (1950), mostrando que o acúmulo de folheto nos "grasslands" diminui a produtividade e a produção de inflorescências em *Andropogon gerardi*. Aristeguieta (1959) refere-se à floração de *Imperata brasiliensis* após a queima nos "llanos" da Venezuela, afirmando que o fogo faz o efeito de uma poda sobre as plantas, provocando seu rápido brotamento e floração. Kucera e Ehrenreich (1962) descrevem o maior crescimento e a maior produção de inflorescências após uma queimada, em três gramíneas, atribuindo este fato a causas diversas, como as temperaturas mais elevadas do solo após queimada e a maior disponibilidade de luz e de nutrientes. Hadley e Kieckhefer (1963) fazem observações semelhantes, concluindo pela importância do fogo no manejo de certas "prairies". Em savanas de Trinidad, Richardson (1963) observa que a floração de *Paspalum pulchellum* é bastante estimulada pela queima; nas áreas não queimadas poucos indiví-

duos florescem. Na savana "llanera" Aristeguieta e Medina (1965) observam que diversas espécies de dicotiledôneas, algumas das quais comuns aos cerrados brasileiros, florescem após a queima . Jaeger e Adam (1967) verificaram que, em "prairies" de altitude de Sierra-Leone, tanto a queima como a poda provocavam a floração de diversas espécies como *Vernonia nimbaensis*, *Eupatorium africanum*, *Eriosema parviflorum*, *Aeschynomene pulchella*. Atribuem este efeito à elevação da temperatura do solo nas áreas denudadas, mas admitem que outros fatores também poderiam influir. Hubbard (1970), Lloyd (1968), Old (1969), são outros autores que se referem ao aumento de floração em gramíneas de "grasslands" e "prairies", atribuindo-o à elevação de temperatura do solo, mais exposto, e à maior luminosidade após a queima.

Todavia, Schnell (1971) salienta acertadamente que faltam ainda bases experimentais para explicar o mecanismo de ação do fogo como indutor ou promotor da floração.

III - MATERIAIS E MÉTODOS

1. - Experimentos de Campo

1.1. - Área de estudo

Os diversos experimentos de campo foram realizados numa área de campo cerrado existente no distrito de Emas, Município de Pirassununga, Estado de São Paulo, pertencente, em parte, à Estação Experimental de Biologia e Piscicultura do Ministério da Agricultura e, em parte, à FEPASA (Ferrovias Paulistas S. A.). A área total usada para nossos experimentos compreendia aproximadamente 25 ha.

Quanto à caracterização geográfica, climática, pedológica e botânica desta região, numerosas informações podem ser obtidas através dos trabalhos de Ferri (1955), Grisi (1971) e Reyes-Zumeta (1972). Várias razões nos levaram a escolhê-la para a realização do presente trabalho, a saber: a) relativa proximidade da cidade de São Paulo (pouco mais de 200 Km), permitindo-nos efetuar viagens frequentes, b) ser a área de propriedade do Estado, c) não ser ela utilizada para agricultura ou pecuária já de longa data, d) ter sido toda ela igualmente queimada três anos antes do início de nossos experimentos, e) existir nas proximidades condição de alojamento proporcionada pela própria Universidade de São Paulo (Centro de Zootecnia e Indústrias Pecuárias "Fernando Costa"), f) ser o estrato herbáceo subarbustivo desta área floristicamente bastante homogêneo, g) existir sobre a região uma razoável tradição de pesquisa ecológica.

Como, apesar de toda esta justificativa, po -

der-se-ia levantar a objeção de que tal área se situa já próxima ao limite sul da zona de distribuição dos cerrados no Brasil, fora , portanto, da sua área nuclear, realizamos também algumas observações de campo, sobre a influência das queimadas na floração de espécies de cerrado, durante excursões que fizemos na época seca, aos planaltos do Brasil Central; visitamos Prata, Uberlândia, Aragua - ri, Paracatu, João Pinheiro, Patos de Minas, Araxá (Estado de Minas Gerais), Catalão, Cristalina, Itumbiara, Rio Verde, Goiânia , Brasília, Formosa, Posse (Estado de Goiás) e Roda Velha (Estado da Bahia), cobrindo um percurso de mais de 4.000 Km, quase todo ele em regiões cobertas por cerrados.

1.2. - Realização das queimadas

Para a realização das diversas queimadas planejadas para este trabalho, dividimos parte da área em estudo em 5 lotes de aproximadamente 4 ha cada um. Como toda a área havia sido queimada três anos antes, a quantidade de facho era equivalente a três anos de produção aproximadamente, quantidade esta mais que suficiente para a realização de queimadas bastante uniformes.

Quatro destes lotes foram queimados no primeiro ano de nossas observações nos seguintes meses: lote 1 - março ; lote 2 - julho; lote 3 - outubro; lote 4 - dezembro.

Cada um deles foi aceirado um ou dois dias antes da queima, a fim de que o fogo não se alastrasse pelos lotes vizinhos.

Em três anos subseqüentes fizemos novas queimadas em janeiro e julho, nos lotes 4 e 2, respectivamente, os quais apresentavam facho equivalente a cerca de um ano de produção.

1.3. - Temperatura do solo durante a queimada

Estas determinações foram feitas durante duas queimadas realizadas uma em março e outra em julho. Valemo-nos de um termômetro de resistência da firma Tri-R-Instruments, com sensibilidade de $0,5^{\circ}\text{C}$ e provido de quatro sensores, os quais foram instalados a diferentes profundidades no solo, isto é, à superfície, a 1, a 2 e a 5 cm, e ligados por meio de extensões ao galvanômetro. As extensões de fio ficaram abrigadas no interior de uma pequena canaleta aberta no solo, cobertas por uma camada de terra. O galvanômetro foi instalado no aceiro, onde pudemos, então, realizar as leituras de minuto em minuto, em cada um dos terminais dos quatro sensores, enquanto o fogo passava pelo local onde eles se encontravam enterrados (fig. 1).

Tomamos o cuidado de perturbar ao mínimo o local da instalação dos sensores. Inicialmente foi aberta uma pequena valeta em meio à vegetação, medindo aproximadamente 30 x 30 cm de lado e 20 cm de profundidade. Três sensores foram, então, introduzidos horizontalmente no solo inalterado, através de uma das paredes laterais da valeta, às profundidades de 1, de 2 e de 5 cm, respectivamente. O quarto sensor foi introduzido obliquamente na parede lateral da valeta, de forma que ficasse com sua extremidade aflorando à superfície do solo. Em seguida a valeta foi preenchida com a própria terra retirada, tomando-se o cuidado de repor em seu lugar a vegetação eventualmente afastada.

Como o aparelho utilizado não permitia realizar leituras superiores a 50°C , para medirmos a temperatura máxima atingida à superfície do solo instalamos aí um termômetro de máxima e mínima com escala até 100°C e sensibilidade de 1°C . O tempo neces



Fig. 1 - Termômetro elétrico instalado no campo, para medida da temperatura do solo durante uma queimada.

sário para este termômetro entrar em equilíbrio com as condições térmicas a que ele ficava exposto foi estabelecido em laboratório como sendo de aproximadamente 3 minutos.

1.4. - Levantamento das espécies floridas

Para o levantamento das espécies que floresciam após os tratamentos, foram feitas coletas mensais, nos três meses consecutivos. Para a identificação taxinômica, o material herborizado foi enviado em sua maior parte ao Jardim Botânico do Rio de Janeiro; algumas excicatas foram encaminhadas ao Instituto de Botânica de São Paulo. Uma vez identificadas, as excicatas foram etiquetadas e mantidas para documentação.

1.5. - Efeito da poda no campo

Para a observação dos efeitos da poda no campo, foram utilizadas faixas carpidas pelo Departamento de Estradas de Rodagem (DER) ao longo das cercas que margeiam a rodovia Pirassununga-Emas. Assim, pudemos contar com uma faixa de alguns quilômetros por três metros de largura, delimitando em sua maior parte áreas não queimadas por nós, o que nos permitia verificar o efeito exclusivo da poda ou carpa da vegetação, rente ao solo, sem a interferência direta, ou próxima, do fogo.

1.6. - Efeito dos gases provenientes da queimada

Para verificarmos se os gases produzidos durante uma queimada eram capazes de provocar a floração das plan -

tas, fizemos nossas observações numa faixa de vegetação de cerca de 10 metros de largura, que delimitava uma área queimada em julho. A esta curta distância da área queimada, as plantas desta faixa ficaram expostas à fumaça e aos gases nela contidos, principalmente no lado que durante a queimada ficou a favor do vento. Como controle, foram observadas áreas situadas a mais de 1 km de distância da área queimada.

1.7. - Medida da floração

Nos experimentos de campo adotamos um critério que, embora subjetivo, permitiu-nos estimar comparativamente as respostas florais das plantas aos diversos tratamentos. Foram estabelecidas cinco classes de intensidade de resposta, a saber: 0 = floração não observada, 1 = floração rara, 2 = floração pouco intensa, 3 = floração intensa, 4 = floração muito intensa. Foram considerados floridos os indivíduos que apresentassem flores ou, eventualmente, botões florais bem conspícuos.

2. - Experimentos de Laboratório

2.1. - Espécies investigadas

Para o trabalho em laboratório tivemos que escolher espécies com sistemas subterrâneos não profundos, de porte relativamente pequeno e resistentes ao envasamento. Conseguimos, assim, selecionar as seguintes espécies: *Lantana montevidensis* (Spr.) Briq. (Verbenaceae), *Vernonia grandiflora* Less. (Composi -

tae), *Wedelia glauca* (Ort.) Hoffman ex Hicken (Compositae) e *Stylosanthes capitata* Vog. (Leguminosae).

2.2. - Coleta das mudas

Todas as plantas utilizadas em laboratório foram coletadas no cerrado de Emas, Pirassununga, principalmente durante o mês de março, quando as plantas já se encontravam num estágio de repouso vegetativo. Só foram coletadas plantas que apresentassem xilopódios bem desenvolvidos.

A coleta foi feita por meio de enxadão, destacando-se um torrão de solo junto com a planta. Posteriormente o torrão era desfeito cuidadosamente com as mãos, separando-se, então, a planta com suas raízes.

As plantas assim colhidas foram colocadas em sacos de plástico, borrifadas com água e trazidas para São Paulo.

2.3. - Envasamento

Todos os experimentos de laboratório foram feitos com plantas envasadas.

Depois de algumas tentativas, escolhemos para vasos latas de óleo de automóvel, de 1 litro de capacidade, as quais foram devidamente limpas, perfuradas no fundo e pintadas interna e externamente com neutrol, para protegê-las contra a ferrugem. Assim preparadas, as latas duraram por 2 a 3 anos, mesmo quando expostas ao tempo. A escolha deste material para envasamento deveu-se ao seu baixo custo, durabilidade e leveza, bem como pela retenção mais prolongada da umidade do solo, o que não acontece com os vasos de barro.

2.4. - Solo

O solo usado no envasamento era constituído de areia de rio lavada, à qual adicionamos pequena porção de solo trazido do cerrado de Emas. O uso integral de solo de cerrado mostrou-se inconveniente para o cultivo prolongado das plantas porque, com o tempo, formava-se um torrão duro no interior do vaso, principalmente à superfície, diminuindo a permeabilidade à água. A areia pura, por outro lado, era excessivamente friável e apresentava baixa capacidade de retenção de umidade.

2.5. - Nutrição mineral

Como usamos um substrato bastante arenoso para o cultivo das plantas, houve necessidade de uma suplementação de nutrientes minerais, a qual foi feita pelo fornecimento quinzenal de 100 ml de solução Hoagland-Arnon nº 2 a cada vaso.

2.6. - Irrigação

Diariamente os vasos foram irrigados pelo menos uma vez. Nos dias mais quentes e secos, uma segunda irrigação foi feita, caso se observasse tal necessidade.

2.7. - Período de pega das mudas

Após o envasamento, as plantas foram mantidas durante aproximadamente 30 dias sob um ripado, sempre bem umedecidas. Neste período o número de regas por dia foi bem maior, procura-

rando-se evitar um murchamento excessivo das plantas e ao mesmo tempo criar uma atmosfera mais úmida dentro do ripado.

Somente após este período inicial é que as plantas foram transferidas para ambiente aberto e mais ensolarado. Nestas novas condições elas foram cultivadas ainda por um período de 5 a 6 meses no mínimo, a fim de garantir um bom enraizamento por ocasião dos tratamentos. Ao fim deste prazo, todas as plantas foram queimadas. Apenas aquelas plantas que brotaram com vigor após a queima é que foram usadas nos tratamentos. Desta forma asseguramos o uso de plantas sadias, vigorosas e fisiologicamente aptas à indução floral.

2.8. - Realização da queimada

Para a realização da queima das plantas colocamos sobre elas uma camada de palha de capim seca, de aproximadamente 30 cm de altura, e ateamos fogo. O capim usado foi retirado de uma área de campo situada dentro do campus da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira", pertencente ao Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da U.S.P.. Uma vez colhido, este capim foi deixado secar por algumas semanas ao abrigo das chuvas, para depois ser usado.

2.9. - Estudo anatômico das gemas

Para verificarmos se a queima das partes epigêias das plantas induzia a floração ou tão somente liberava o crescimento de gemas já anteriormente induzidas e diferenciadas,

inibidas por uma dominância exercida pelos ramos velhos, tornou-se necessário realizar um estudo anatômico destas gemas, antes e depois da queima.

Assim, 20 gemas foram retiradas dos órgãos subterrâneos de dez indivíduos de cada uma das espécies usadas em laboratório, as quais foram imediatamente fixadas em FAA 50 (Formol - Ac. Acético - Álcool 50). Esta operação foi realizada no dia anterior à queima e 5, 10 e 15 dias depois (em *Lantana montevidensis* realizamos também após o 20º dia). Uma vez emblocadas, as gemas foram cortadas em série e longitudinalmente. Em seguida os cortes foram corados com safranina e verde-rápido e montados em bálsamo do Canadá. As preparações foram fotomicrografadas através de um Fotomicroscópio Zeiss, usando-se filme Kodak Plus-X-Pan, de 125 ASA.

Para este estudo usamos exemplares especialmente coletados no cerrado, durante a época seca, trazidos e plantados com o torrão original de solo. Escolhemos plantas com sistemas subterrâneos mais desenvolvidos, de forma que pudéssemos dispor de um bom número de gemas.

2.10. - Efeito de diferentes processos de eliminação dos órgãos epigeus

As plantas utilizadas nestes experimentos tinham já um ano de cultivo em vaso, tendo sido queimadas há seis meses atrás.

2.10.1. - Eliminação pela queima

Trinta vasos de cada uma das quatro espécies

estudadas foram cobertos com uma camada de palha de capim seca, de aproximadamente 30 cm de altura, a qual foi em seguida queimada. Os vasos foram mantidos numa casa de vegetação e os resultados foram observados durante os três meses seguintes.

2.10.2. - *Eliminação pela poda mecânica*

Trinta vasos de cada uma das espécies estudadas tiveram suas plantas podadas rente ao solo por meio de uma tesoura de poda. Os vasos foram mantidos numa casa de vegetação e os resultados, observados durante os três meses seguintes.

2.10.3. - *Eliminação pela seca*

Trinta vasos de cada uma das quatro espécies estudadas foram submetidos a um regime de irrigação de 200 a 250 ml de água por mês, distribuídos em parcelas semanais. Desta forma conseguimos reproduzir as condições de suprimento hídrico existentes no cerrado de Emas, na época seca, quando as precipitações pluviométricas descem a valores médios de aproximadamente 20 - 30 mm mensais. Neste caso, todas as plantas murcham e suas partes aéreas secam, sem que as partes subterrâneas morram.

Após um mês de "seca", os vasos mantidos em casa de vegetação foram irrigados abundantemente, proporcionando, assim, o rebrotamento das plantas. A partir de então os resultados de floração foram observados durante os três meses seguintes.

Os controles destes experimentos foram observados não só durante os três meses seguintes ao início dos tratamentos, mas durante todo um ano.

2.11. - Efeito do fotoperíodo

2.11.1. - Câmaras de fotoperiodismo

Para a realização dos experimentos sobre a influência do fotoperíodo na floração das quatro espécies de cerrado usadas neste trabalho, foram construídas duas câmaras de fotoperiodismo que apresentavam as seguintes características:

- a) cada câmara media aproximadamente 4,0 x 3,5 metros de lado, por uma altura de 3,0 metros;
- b) a iluminação artificial foi fornecida por quatro lâmpadas incandescentes de 200 W cada uma, dispostas a uma altura de 2 metros do chão;
- c) todas as paredes internas da câmara foram pintadas de preto, inclusive as portas;
- d) as paredes da frente e dos fundos foram providas de aberturas para circulação de ar, as quais possuíam quebra-luzes duplos, pintados de preto, de forma que impedissem qualquer penetração exterior de luz;
- e) as lâmpadas foram ligadas a dois relógios comutadores de corrente elétrica Tork Time Switch, Modelo 7.100, da firma Tork Time Controls Inc., de 120V - 60 C, os quais foram regulados para acender e apagar nos horários desejados. Seus limites de precisão ficam em torno de 10-15 minutos;
- f) as lâmpadas das câmaras se acendiam às 9 h da manhã, apagando-se na hora programada para cada experimento. Desta forma, a exposição das plantas àquele fotoperíodo ficava garantida, mesmo que ocorresse uma eventual falta do funcionário responsável pela

sua movimentação, num sábado ou domingo;

g) as portas foram construídas de forma que não deixassem passar luz pelas frestas, sendo para isso providas de juntas de borra-cha na união das duas folhas e de ripas quebra-luzes em toda a extensão dos batentes. Além disto, as entradas das câmaras possuíam internamente uma cortina de pano preto.

A eficiência e o funcionamento dessas câmaras foram testados durante grande parte do período de desenvolvimento dos trabalhos, usando-se para isso vasos de plantas-testes, de comportamento fotoperiódico já conhecido, como *Xanthium pennsylvanicum* Gandoger e *Raphanus sativus* Linn.

2.11.2. - Movimento das plantas nas câmaras

O transporte das plantas envasadas, para dentro e para fora das câmaras, foi feito em carros de madeira (peroba), medindo internamente 105 cm x 55 cm de lado e 9 cm de altura, providos de quatro rodízios metálicos. A altura total dos carros era de 25 cm. Sua capacidade, para o tipo de vasos que utilizamos, era de 50 unidades (figs. 2 a 5).

Todas as plantas dos diversos tratamentos fotoperiódicos receberam 8 h de luz natural por dia, saindo das câmaras às 9 h da manhã e ficando num pátio aberto até às 17 h, quando eram, então, recolhidas. Uma vez nas câmaras recebiam ou não um complemento de luz artificial, de duração variável conforme o fotoperíodo desejado (figs. 6 e 7).

Fig. 3 - Carro com plantas



Fig. 2 - Carro com plantas envasadas de *Lantana montevidensis*



Fig. 3 - Carro com plantas envasadas de *Wedelia glauca*

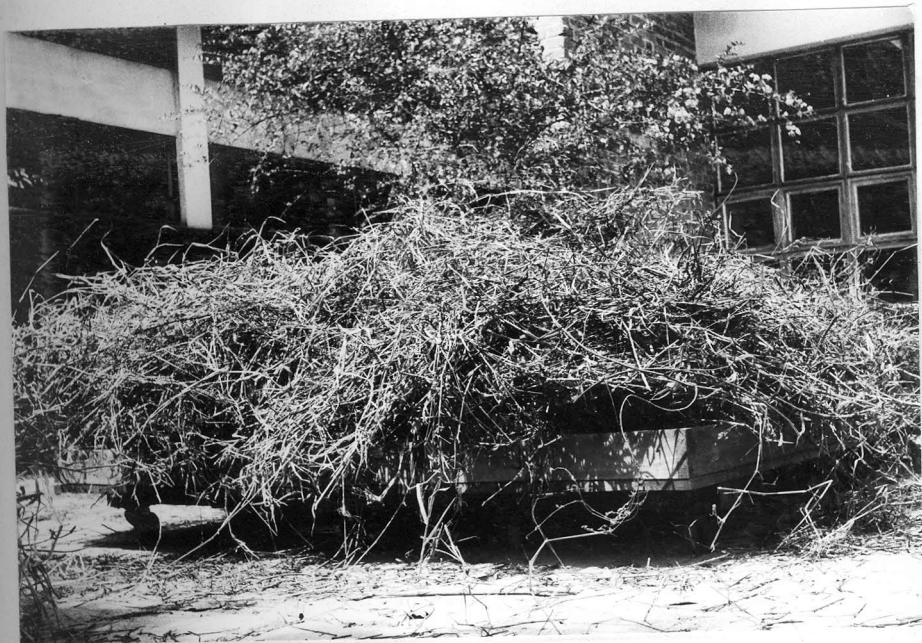


Fig. 4 - Carro coberto com capim seco, preparado para a queima



Fig. 5 . Aspecto dos carros logo após queimadas as plantas



Fig. 6 - Movimentação dos carros no pátio



Fig. 7 - Entrada de um carro numa câmara de fotoperiodismo

2.11.3. - *Tratamentos*

Foram feitos os seguintes tratamentos fotoperiódicos: 8, 12, 16 e 24 h de luz por dia. Além destes, fizemos ainda tratamentos com fotoperíodos contrastantes 8 h/ 16 h e 16 h/ 8 h.

Para cada espécie e para cada tratamento foram usados 50 vasos. Todavia, os resultados observados referem-se a apenas 30, os quais foram tomados ao acaso. A adoção deste procedimento deveu-se ao fato de que, devido à longa duração do tratamento, sempre ocorreram perdas de plantas.

No dia em que se iniciaram os tratamentos fotoperiódicos, todas as plantas foram queimadas com o auxílio de palha de capim seca. Desta forma todo o brotamento subsequente foi realizado já nas condições fotoperiódicas estabelecidas. Assim, nos foi possível analisar, em primeiro lugar e separadamente, o efeito do tratamento fotoperiódico imediatamente após a queima.

As plantas que iriam receber um único tipo de fotoperíodo continuaram sob tratamento até completarem-se seis meses, quando foram, então, novamente queimadas. Aquelas que iriam receber dois tipos diferentes de tratamentos fotoperiódicos, permaneceram cerca de três meses em cada um deles, sendo em seguida queimadas. Nestes experimentos, a floração foi observada ao fim dos seis meses de tratamento, antes e depois de queimar. Estes resultados nos permitiram verificar quais os efeitos dos tratamentos fotoperiódicos quando aplicados durante a fase vegetativa anterior à queimada.

Os resultados dos experimentos foram observa -

dos durante três meses após a queima, tempo este mais do que suficiente para se obter a resposta das plantas, a qual já se manifestava entre 25 e 50 dias. Durante este período de observação as plantas foram mantidas nas mesmas condições em que se encontravam.

2.12. - Efeito dos gases provenientes da combustão

Para se verificar um eventual efeito dos gases provenientes da combustão do capim, foram feitos diversos experimentos, submetendo-se, em cada um deles, 30 plantas envasadas de cada uma das quatro espécies estudadas a atmosferas contendo gases produzidos pela combustão de diferentes quantidades de capim. As plantas foram colocadas em uma sala, cuja cubagem era de aproximadamente 150 m^3 , fechadas todas as portas e janelas, e em seu interior foram queimados 25, 50, 100, 200 e 500 g de capim em cada experimento. As plantas ficaram expostas a estas atmosferas durante 30 minutos. Os resultados foram observados nos três meses subsequentes. As plantas controle ficaram expostas à atmosfera normal.

Nestes experimentos, o capim foi queimado logo após a sua coleta no campo, estando, assim, apenas parcialmente seco.

2.13. - Medida da floração

Nos experimentos de laboratório, a floração foi acompanhada desde a produção de botões já visíveis a olho nu, até a antese das flores. Como não observamos maiores diferenças

quanto à produção de flores por indivíduo entre os vários tratamentos e como não houve casos em que indivíduos produzissem botões, mas estes entrassem em um processo de dormência e não se abrissem, pelo menos na grande maioria deles, o parâmetro usado para expressar os resultados de floração foi a % de indivíduos que se apresentassem floridos.

2.14. - Análise estatística dos dados

A significância das diferenças observadas nos resultados dos vários tratamentos e controles foi estabelecida através da determinação dos intervalos de confiança, de acordo com a tabela 1.4.1. de Snedecor e Cochran (1967).

IV. - RESULTADOS

1. - Experimentos de Campo

1.1. - Temperatura do solo durante a queimada

Não existem dados na literatura que forneçam informações sobre as temperaturas atingidas no solo, a diferentes profundidades, durante uma queimada nos cerrados.

Este tipo de informação nos pareceu, entretanto, de grande importância, pois nos permitiria avaliar até que ponto uma queimada poderia afetar termicamente as estruturas subterrâneas perenes das espécies herbáceo subarborescentes do cerrado.

Durante duas queimadas diferentes, uma realizada em março e outra em julho, em áreas similares quanto à fitomassa que recobria o terreno, foram feitas, então, medições da temperatura do solo à superfície e a 1, 2 e 5 cm de profundidade.

Os resultados obtidos estão expressos sob forma de gráficos nas figs. 8 e 9 respectivamente. Pela sua análise podemos ressaltar os seguintes fatos:

a) a temperatura máxima foi atingida à superfície, justamente no momento da passagem das chamas sobre o local onde estavam instalados os sensores. A elevação térmica foi aí bastante brusca, mas de curta duração;

b) nas demais profundidades os valores máximos só foram atingidos após um certo período, que foi tanto mais longo quanto maior a profundidade, o que pode ser explicado pelo tempo necessário para que a condução do calor se processasse.

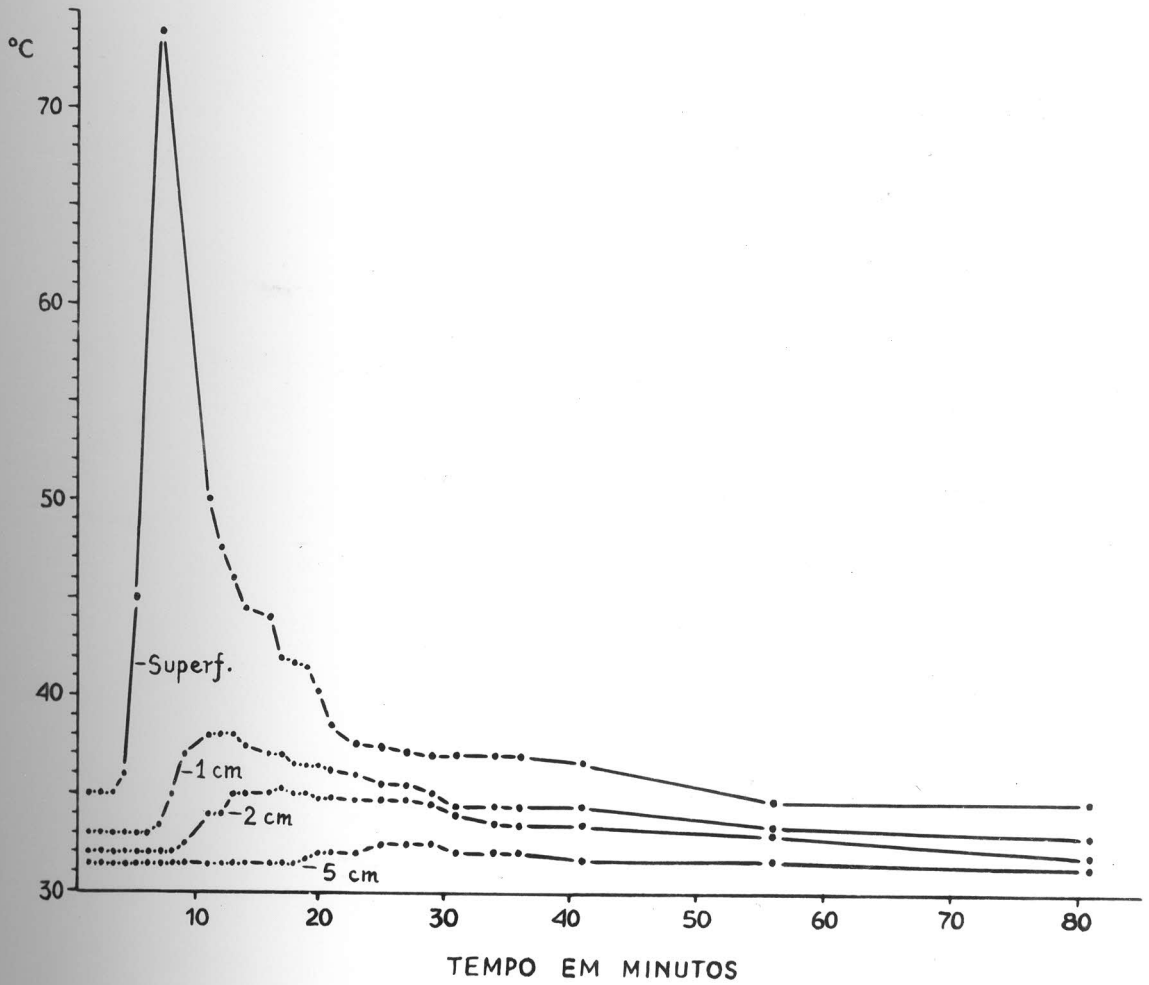


Fig. 8 - Variação da temperatura do solo a diferentes profundidades, durante uma queimada feita em março.

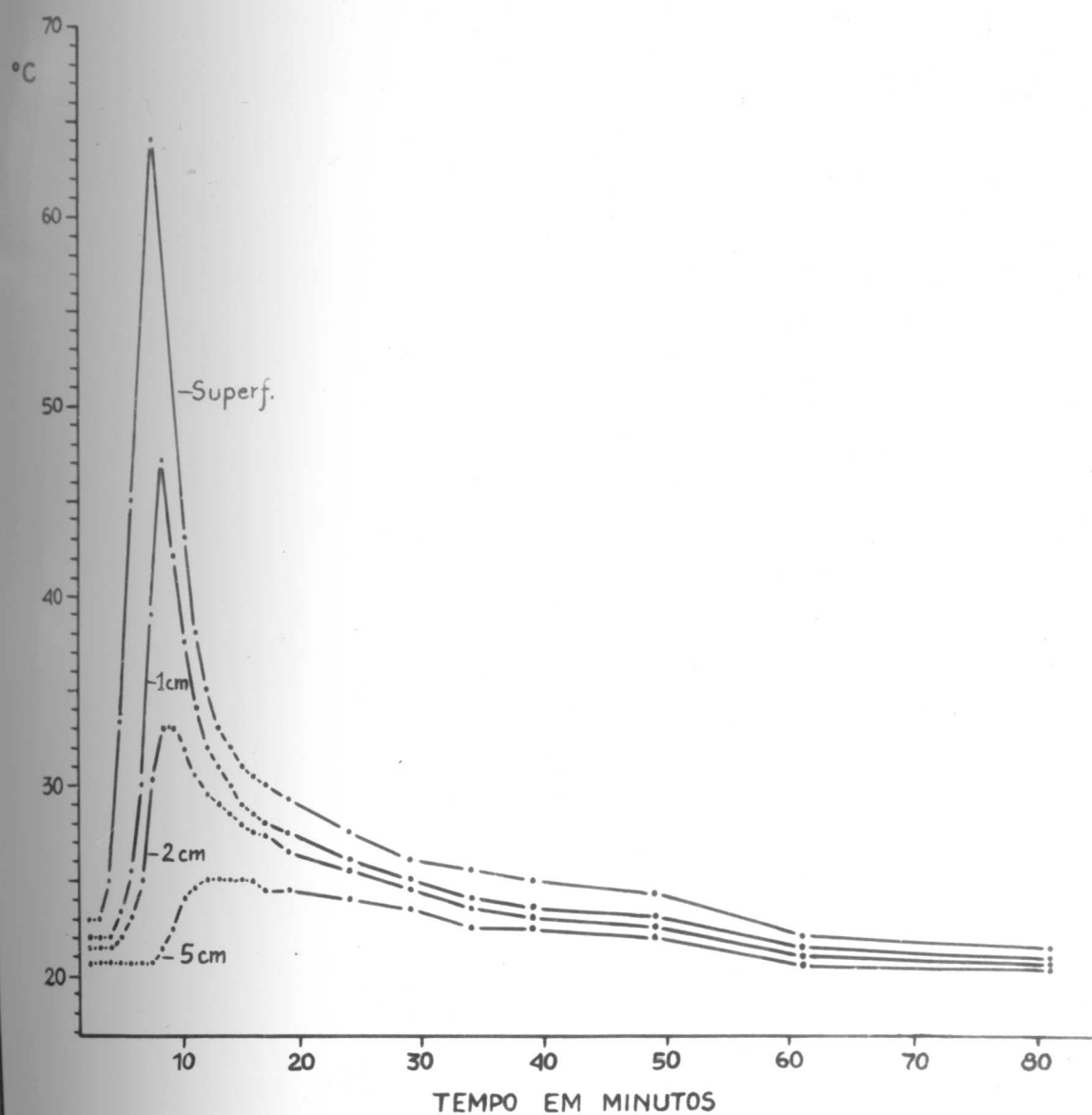


Fig. 9 - Variação da temperatura do solo a diferentes profundidades, durante uma queimada feita em julho.

c) os valores máximos obtidos à superfície foram relativamente baixos, sendo de 74°C em março e 64°C em julho. Não negamos a possibilidade de que estes valores possam ter sido um pouco mais elevados, tendo escapado à nossa observação em virtude da menor reatividade dos termômetros de máxima e mínima usados por nós para a medida de temperaturas acima de 50°C. Entretanto, não se pode negar que, se isto ocorreu, foi por um lapso de tempo bastante curto, de poucos minutos apenas.

d) os dois gráficos mostram diferenças mais acentuadas entre si no que se refere às temperaturas atingidas nas profundidades de 1, 2 e 5 cm. Em julho as elevações de temperatura a estas profundidades foram mais pronunciadas que em março, opondo-se, assim, ao que ocorrera na superfície. Estes fatos parecem sugerir que em julho o solo estava, pelo menos à superfície, um pouco mais úmido, talvez devido a alguma chuva eventualmente precipitada dias antes da observação.

e) as elevações de temperatura ocorridas àquelas três profundidades do solo, durante as queimadas, foram bastante pequenas, perfeitamente toleráveis pelas plantas.

f) após cerca de uma hora, as temperaturas já haviam voltado ao normal.

1.2. - Levantamento das espécies floridas após as queimadas

Na Tabela 1 damos uma relação de quase 150 espécies que encontramos em floração até 90 dias após diversas queimadas, algumas delas provocadas por nós em nosso campo experimen -

tal, outras observadas durante excursões que realizamos aos Estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia, durante a época seca. Estas espécies se distribuem por 95 gêneros e 42 famílias diversas.

Esta relação não pretende indicar espécies que necessariamente sejam dependentes das queimadas para florescer, mas sim aquelas capazes de entrar em reprodução sexuada pouco tempo depois que seus órgãos epigeus foram destruídos por uma queimada. Ela não indica também que tais espécies floresçam após todas as queimadas, independentemente da época do ano; este aspecto do problema será abordado por nós mais adiante.

Deste levantamento, que não foi feito de forma exaustiva, podemos inferir que, após uma queimada, muitas espécies do estrato herbáceo subarbustivo do cerrado podem entrar em reprodução sexuada, produzindo flores, frutos e sementes. É conveniente ressaltar aqui que, de um modo geral, salvo algumas exceções, a grande maioria das espécies herbáceo subarbusivas desenvolve seus frutos e sementes bem mais rapidamente que as espécies arbustivo arbóreas. Assim, um grande número de unidades de dispersão é produzido por elas poucas semanas após uma queimada.

As figuras 10 a 15 ilustram algumas das espécies relacionadas, em flor.

1.3. - Efeito da época da queimada

Neste item de nosso trabalho procuramos verificar, entre um certo número de espécies mais comuns nas áreas experimentais, se a época em que é realizada a queimada teria ou não influência sobre a floração. Os resultados obtidos estão reunidos na Tabela 2.

Tabela 1 - Espécies observadas em flor logo após queimadas feitas em diferentes épocas do ano. (Est. São Paulo: Emas-1; Est. Minas Gerais: Prata-2 Uberlandia-3 Paracatú-4; Est. Goiás: Cristalina-5 Luziânia-6 Brasília-7 Formosa-8 Alvorada do Norte-9 Posse-10; Est. Bahia: Roda Velha-11).

ESPÉCIE	FAMÍLIA	LOCALIDADE
<i>Acanthococcus emensis</i> Toledo	Palmae	1
<i>Anacardium humile</i> St. Hil.	Anacardiaceae	1
<i>Anemopaegma arvensis</i> (Vell.) Stefeld.	Bignoniaceae	1, 8, 9
<i>Annona pygmaea</i> Warm.	Annonaceae	5, 7
<i>Aristolochia giberti</i> Hook	Aristolochiaceae	1
<i>Arrabidaea brachipoda</i> (DC.) Bur. et Schum.	Bignoniaceae	1
<i>Aspilia foliacea</i> Baker	Compositae	6
<i>Aster camporum</i> Baker	Compositae	4, 5
<i>Baccharis humilis</i> DC.	Compositae	4, 5
<i>Baccharis multisulcata</i> Baker	Compositae	10, 11
<i>Baccharis rufescens</i> Spreng.	Compositae	1
<i>Bernardia multicaulis</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	5
<i>Bernardia spartioides</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	11
<i>Borreria poaya</i> (St. Hill.) DC.	Rubiaceae	
<i>Borreria suaveolens</i> G. F. W. Mey	Rubiaceae	1
<i>Buchnera lavandulacea</i> Cham. et Schlecht.	Scrophulariaceae	1
<i>Buchnera ternifolia</i> H. B. K.	Scrophulariaceae	1
<i>Bulbostyles paradoxa</i> C. B. Clarke	Cyperaceae	2
<i>Blittneria sagittifolia</i> St. Hil.	Sterculiaceae	1
<i>Blittneria scalpellata</i> Pohl	Sterculiaceae	8
<i>Byrsonima verbascifolia</i> Juss.	Malpighiaceae	10, 11

ESPÉCIE	FAMÍLIA	LOCALIDADE
<i>Calea clauseniana</i> Baker	Compositae	1, 5
<i>Calea cuneifolia</i> DC.	Compositae	1, 5
<i>Calea platylepis</i> Sch. Bip.	Compositae	1
<i>Calliandra dysantha</i> Benth.	Leguminosae	5
<i>Calliandra longipes</i> Benth.	Leguminosae	8
<i>Camarea ericoides</i> St. Hil.	Malpighiaceae	7
<i>Campomanesia cambessediana</i> Berg.	Myrtaceae	5, 7
<i>Cassia cathartica</i> Mart.	Leguminosae	1
<i>Cassia rugosa</i> Don.	Leguminosae	1
<i>Cassia viscosa</i> H. B. K.	Leguminosae	1
<i>Centrosema pascuorum</i> Mart.	Leguminosae	1
<i>Centrosema venosum</i> Benth.	Leguminosae	1
<i>Ceratosanthus hilariana</i> Cogn.	Cucurbitaceae	1
<i>Chamaesyce burifolia</i> (Lam.) Small	Euphorbiaceae	1
<i>Chaptalia integerrima</i> (Vell.) Burk.	Compositae	1
<i>Chrysophyllum soboliferum</i> Rizz.	Sapotaceae	1
<i>Cissampelus ovalifolia</i> DC.	Menispermaceae	1
<i>Cissus campestris</i> Baker	Vitaceae	1
<i>Cissus sessifolia</i> Baker	Vitaceae	1
<i>Clitoria guyanensis</i> Benth.	Leguminosae	1, 7
<i>Cochlospermum regium</i> (Mart.) Pilger	Cochlospermaceae	1
<i>Collaea decumbens</i> Benth.	Leguminosae	1
<i>Crotalaria unifoliolata</i> Benth.	Leguminosae	1
<i>Croton</i> aff. <i>antisiphiliticus</i> Mart.	Euphorbiaceae	10, 11
<i>Croton pohlianus</i> Mill. Arg.	Euphorbiaceae	1
<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	1
<i>Crumenaria choretroides</i> Mart.	Rhamnaceae	1, 8

ESPÉCIE	FAMÍLIA	LOCALIDADE
<i>Crumenaria erecta</i> Reiss.	Rhamnaceae	6
<i>Crumenaria glaziovii</i> Urb.	Rhamnaceae	5
<i>Cuphea linarioides</i> Cham. et Schlecht.	Lythraceae	5, 7
<i>Cuphea</i> sp	Lythraceae	1
<i>Dalechampia caperonoiioides</i> (Bail.) Muell.Arg.	Euphorbiaceae	4
<i>Dalechampia humilis</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	5, 6
<i>Dejanira nervosa</i> var. <i>foliosa</i> Griseb.	Gentianaceae	1
<i>Desmodium asperum</i> Desv.	Leguminosae	1
<i>Desmodium platycarpum</i> Benth.	Leguminosae	2, 3
<i>Dickia tuberosa</i> (Vell.) Beer.	Bromeliaceae	1
<i>Dorstenia</i> sp	Moraceae	1
<i>Elyonurus adustus</i> (Trin.) Exm.	Gramineae	1, 2, 10, 11
<i>Eragrostis perennis</i> Doell.	Gramineae	1
<i>Eremanthus sphaerocephalus</i> Baker	Compositae	1
<i>Eremanthus plantaginifolius</i> Baker	Compositae	5, 7
<i>Eriope crassipes</i> Benth.	Labiatae	1,2,7,10, 11
<i>Eriosema campestris</i> Benth.	Leguminosae	1
<i>Eriosema defoliatum</i> Benth.	Leguminosae	4, 5
<i>Eriosema</i> aff. <i>longifolium</i> Benth.	Leguminosae	5
<i>Eryngium junceum</i> Cham. et Schlecht.	Umbelliferae	1
<i>Eryngium ciliatum</i> Cham. et Schlecht.	Umbelliferae	5, 7
<i>Eugenia calycina</i> Camb.	Myrtaceae	4, 5
<i>Evolvulus</i> sp.	Convolvulaceae	1
<i>Eupatorium lanigerum</i> Hook. et Arn.	Compositae	1
<i>Eupatorium stachyophyllum</i> Spreng.	Compositae	1
<i>Euphorbia coecorum</i> Mart.	Euphorbiaceae	2
<i>Galactia pedunculata</i> Schery	Leguminosae	4, 5

ESPÉCIE	FAMÍLIA	LOCALIDADE
<i>Gomphrena aphylla</i> Pohl	Amaranthaceae	7
<i>Gomphrena macrocephala</i> St. Hil.	Amaranthaceae	1
<i>Gomphrena prostrata</i> Mart.	Amaranthaceae	1
<i>Hemopogon acerosus</i> Decne	Apocynaceae	1
<i>Hybanthus lanatus</i> St. Hil.	Violaceae	5, 8
<i>Hypeastrum reticulatum</i> Herb.	Amaryllidaceae	5, 6
<i>Hyptis eriophylla</i> Pohl ex Benth.	Labiatae	1
<i>Hyptis foliosa</i> St. Hil.	Labiatae	5, 7
<i>Hyptis</i> sp.	Labiatae	1
<i>Indigophora gracilis</i> Bong.	Leguminosae	2
<i>Isostigma peucedanifolium</i> Less.	Compositae	1
<i>Jacaranda decurrens</i> Cham.	Bignoniaceae	1
<i>Julocroton humilis</i> Fr. Diedr.	Euphorbiaceae	1, 7
<i>Julocroton lanceolatus</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	2
<i>Lantana montevidensis</i> (Spr.) Briq.	Verbenaceae	1, 4, 5, 7
<i>Leptocoryphium lanatum</i> (H.B.K.) Nees	Gramineae	5, 6, 7
<i>Lippia lupulina</i> Cham.	Verbenaceae	1, 5, 6
<i>Macrosiphonia longiflora</i> (Desf.) Muell. Arg.	Apocynaceae	1, 6, 7
<i>Macrosiphonia martii</i> Muell. Arg.	Apocynaceae	1
<i>Macrosiphonia petraea</i> (St. Hil) K. Schum.	Apocynaceae	1
<i>Manihot tripartita</i> Mill. Arg.	Euphorbiaceae	1
<i>Merremia</i> sp.	Convolvulaceae	1
<i>Mimosa</i> aff. <i>acerba</i> Benth.	Leguminosae	1
<i>Mimosa subsericea</i> Benth.	Leguminosae	1
<i>Oxalis cordata</i> St. Hil.	Oxalidaceae	5, 6, 7
<i>Oxalis densifolia</i> Mart. et Zucc.	Oxalidaceae	
<i>Oxalis hirsutissima</i> Zucc.	Oxalidaceae	1
<i>Oxypetalum</i> sp.	Asclepiadaceae	1

ESPÉCIE	FAMÍLIA	LOCALIDADE
<i>Palicourea rigida</i> H. B. K.	Rubiaceae	1
<i>Palicourea xantophylla</i> Muell. Arg.	Rubiaceae	5, 7
<i>Paspalum erianthum</i> Nees	Gramineae	1
<i>Peltaea polymorpha</i> (St. Hil.) Krap. et Crist.	Malvaceae	1
<i>Pfaffia gnaphalioides</i> Mart.	Amaranthaceae	1,2,7,8,9
<i>Pfaffia jubata</i> Mart.	Amaranthaceae	1, 4, 5
<i>Pfaffia velutina</i> Mart.	Amaranthaceae	4, 5
<i>Phaseolus linearis</i> H. B. K.	Leguminosae	1
<i>Polycarpha corymbosa</i> (L.) Lam.	Caryophyllaceae	1
<i>Polygala angulata</i> DC.	Polygalaceae	5, 6, 7
<i>Polygala</i> aff. <i>remota</i> A. W. Bennett	Polygalaceae	6
<i>Polygala</i> sp.	Polygalaceae	1
<i>Polygala</i> sp.	Polygalaceae	5, 7
<i>Rhodocalyx</i> sp.	Apocynaceae	1
<i>Ruellia geminiflora</i> H. B. K.	Acanthaceae	1
<i>Ruellia</i> sp.	Acanthaceae	7
<i>Rynchospora</i> sp.	Cyperaceae	4, 5
<i>Salvia brevipes</i> Benth.	Labiatae	1
<i>Sebastiania bidentata</i> (Mart.) Pax	Euphorbiaceae	1
<i>Sebastiania ditassoides</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	1
<i>Sida macrodon</i> DC.	Malvaceae	1
<i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spreng.	Iridaceae	1
<i>Smilax cissoides</i> Mart.	Smilacaceae	4, 5
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	9
<i>Stenandrium pohlii</i> Nees	Acanthaceae	7
<i>Stenorhynchus</i> sp.	Orchidaceae	4, 5
<i>Stylosanthes bracteata</i> Vog.	Leguminosae	1
<i>Stylosanthes capitata</i> Vog.	Leguminosae	1, 2

ESPÉCIE	FAMÍLIA	LOCALIDADE
<i>Tetrapteris ambigua</i> Juss.	Malpighiaceae	2,4,5,8,10,11
<i>Tetrapteris jussieuana</i> Niedenzu	Malpighiaceae	5, 9
<i>Tetrapteris salicifolia</i> (Juss.) Niedenzu	Malpighiaceae	1
<i>Vernonia bardanoides</i> Less.	Compositae	1
<i>Vernonia brevifolia</i> Less.	Compositae	1
<i>Vernonia desertorum</i> Mart.	Compositae	6
<i>Vernonia grandiflora</i> Less	Compositae	1
<i>Vernonia herbaceae</i> (Vell.) Rusby	Compositae	1, 4, 5, 6
<i>Vernonia ligulaefolia</i> Mart.	Compositae	1
<i>Vernonia simplex</i> Less.	Compositae	6
<i>Vernonia tragiefolia</i> DC.	Compositae	4, 5
<i>Viguiera bakeriana</i> Blake	Compositae	1
<i>Viguiera grandiflora</i> Gardner	Compositae	4, 5, 8
<i>Waltheria communis</i> St. Hil.	Sterculiaceae	1, 2, 7, 9
<i>Wedelia glauca</i> (Ort.) Hoffmann ex Hicken	Compositae	1
<i>Zephyranthes</i> aff. <i>mesochloa</i> Herb.	Amaryllidaceae	1
<i>Zornia diphylla</i> Pers.	Leguminosae	1



Fig. 10 - *Lantana montevidensis* em floração após a queimada



Fig. 11 - *Pfaffia jubata* em floração após a queima



Fig. 12 - *Chrysophyllum soboliferum* em floração após a queimada



Fig. 13 - *Stylosanthes capitata* em floração após a queimada



Fig. 14 - *Macrosiphonia martii* em floração após a queimada



Fig. 15 - *Calea cuneifolia* em floração após a queimada

De acordo com os padrões de comportamento floral das diversas espécies observadas, foi possível reconhecer pelo menos cinco grupos diversos, a saber:

Grupo 1 - Espécies que dependem qualitativa ou quantitativamente da queimada para florescer. Respondem geralmente com floração muito intensa a queimadas feitas em qualquer época do ano.

Grupo 2 - Espécies que dependem qualitativa ou quantitativamente da queimada para florescer. Só florescem, todavia, se a queimada for feita no período da seca, ou de dias mais curtos.

Grupo 3 - Espécies que independem qualitativa ou quantitativamente da queimada para florescer. Queimando ou não, florescem no período da seca, ou de dias mais curtos.

Grupo 4 - Espécies que independem qualitativamente da queimada para florescer. Quantitativamente são prejudicadas pela queimada. Florescem geralmente no período das chuvas, ou de dias mais longos.

Grupo 5 - Espécies com ciclo plurianual de floração. Aparentemente não são estimuladas pelas queimadas.

Como podemos observar, o grupo 1 é o que reúne maior número de espécies. Apenas o grupo 4 mostra um efeito quantitativo da queimada, prejudicial à floração. Assim, de um modo geral, para a grande maioria das espécies ela funciona como um estimulador da floração e, portanto, da reprodução através de unidades de dispersão. É conveniente lembrar aqui que estas são muito frequentemente anemocóricas ou de dimensões bastante pequenas, podendo ser transportadas, então, por insetos, ou servir de alimento a pequenas aves.

Tabela 2 - Efeito da época da queimada na floração (intensidade de floração na área queimada/ intensidade de floração na área controle)

ESPÉCIES	jan	mar	jul	out	dez
Grupo 1					
<i>Anemopaegma arvensis</i>	3/0	4/0	4/0	4/1	3/0
<i>Borreria suaveolens</i>	4/2	4/2	4/1	4/2	4/2
<i>Buchnera ternifolia</i>	4/0	4/0	4/1	4/1	4/0
<i>Bulbneria sagittifolia</i>	4/0	4/0	4/1	4/1	4/0
<i>Calea cuneifolia</i>	4/0	4/0	4/1	4/0	4/0
<i>Calea platylepis</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Chamaesyce buxifolia</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Chrysophyllum soboliferum</i>	3/3	4/0	4/0	2/0	2/2
<i>Cissampelus ovalifolia</i>	4/0	4/0	4/1	4/1	4/0
<i>Crumenaria choretroides</i>	4/0	4/0	4/1	4/1	4/0
<i>Elyonurus adustus</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Eragrostis perennis</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Eriope crassipes</i>	4/0	4/0	4/1	4/0	4/0
<i>Isostigma peucedanifolium</i>	2/0	2/0	4/2	4/4	2/0
<i>Julocroton humilis</i>	4/0	4/0	4/1	4/2	4/0
<i>Lantana montevidensis</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Lippia lupulina</i>	4/1	4/0	4/0	4/1	4/1
<i>Macrosiphonia longiflora</i>	4/0	4/0	4/0	4/2	4/0
<i>Oxalis hirsutissima</i>	4/1	4/1	4/0	4/1	4/1
<i>Oxypetalum sp.</i>	4/0	4/0	4/0	4/1	4/1
<i>Paspalum erianthum</i>	4/1	4/0	4/0	4/0	4/1
<i>Pfaffia gnaphalioides</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0

ESPÉCIES	jan	mar	jul	out	dez
<i>Salvia brevipes</i>	4/1	4/0	4/0	4/1	4/1
<i>Sida macrodon</i>	4/1	4/1	4/0	4/1	4/1
<i>Sisyrinchium vaginatum</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/1
<i>Stylosanthes capitata</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Tetrapteris salicifolia</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Vernonia brevifolia</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Vernonia grandiflora</i>	4/1	4/0	4/0	4/0	4/1
<i>Vernonia herbacea</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Viguiera bakeriana</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Waltheria communis</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
<i>Wedelia glauca</i>	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
Grupo 2					
<i>Pfaffia jubata</i>	0/0	1/0	4/0	2/0	0/0
<i>Pfaffia sp.</i>	0/0	1/0	4/0	2/0	0/0
Grupo 3					
<i>Anacardium humile</i>	0/0	0/0	2/4	0/0	0/0
<i>Cochlospermum regium</i>	0/0	1/1	4/4	0/1	0/0
<i>Jacaranda decurrens</i>	0/0	0/0	4/4	0/1	0/0
Grupo 4					
<i>Arrabidaea brachipoda</i>	1/4	1/4	0/0	0/0	0/3
<i>Cassia viscosa</i>	1/3	1/4	0/0	0/0	0/1
<i>Eremanthus sphaerocephalus</i>	1/2	0/4	0/0	0/0	1/1

ESPÉCIES	jan	mar	jul	out	dez
<i>Sebastiania bidentata</i>	1/2	0/4	0/0	0/0	1/1
<i>Stylosanthes bracteata</i>	1/4	0/3	0/0	1/1	1/2
<i>Tristachia leyostachia</i>	0/0	0/0	0/0	1/4	1/3
<i>Vernonia bardanoides</i>	1/4	0/4	0/0	0/1	1/3
<i>Vernonia ligulaefolia</i>	1/4	0/2	0/0	1/1	1/2
Grupo 5					
<i>Andira humilis</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

1.4. - Efeito da poda no campo

Como nossa área experimental se limitasse de um lado com a estrada de rodagem Pirassununga-Emas, e como no mês de junho a cerca limítrofe foi toda aceirada pelo DER, aproveitamos para realizar algumas observações nesta faixa carpida, nos três meses seguintes.

Da mesma forma como em áreas experimentais queimadas, observamos aí diversas espécies em floração, quais sejam: *Anemopaegma arvensis*, *Calea cuneifolia*, *Cissampelus ovalifolia*, *Chrysophyllum soboliferum*, *Crumenaria choretroides*, *Eriope crassipes*, *Julocroton humilis*, *Lantana montevidensis*, *Lippia lupulina*, *Mimosa aff. acerba*, *Oxalis hirsutissima*, *Peltaea polymorpha*, *Pfaffia gnaphalioides*, *Pfaffia jubata*, *Ruellia sp.*, *Salvia brevipes*, *Stylo-*

santhes capitata, *Vernonia brevifolia*, *Vernonia gradiflora*, *Waltheria communis*, *Wedelia glauca*. Nas áreas não carpidas nem queimadas estas espécies não se apresentavam floridas, entretanto.

Acreditamos não ter encontrado um maior número de espécies em flor na faixa aceirada pelo fato de a densidade da vegetação herbácea subarbustiva de cerrado ser aí bem menor. Isto parece ser devido em primeiro lugar às limpezas anualmente feitas pelo DER nesta faixa ao longo da cerca e, em segundo lugar, ao desenvolvimento, aí, de numerosas moitas de capim-gordura (*Melinis minutiflora*), o qual deve competir com as espécies nativas e finalmente as eliminar.

As observações que fizemos sugerem, entretanto, que, pelo menos para estas espécies mencionadas, o fogo não é uma condição essencial para a promoção de sua floração, seja pelas temperaturas mais elevadas por ele produzidas, seja pelos nutrientes depositados na superfície do solo com as cinzas. O aspecto importante parece ser, isto sim, a eliminação das partes epigêias da vegetação herbácea subarbustiva.

1.5. - Efeito dos gases provenientes da combustão

Estas observações foram feitas após uma queima da realizada em julho, anotando-se a intensidade de floração de certas espécies numa faixa próxima à área queimada e numa faixa distante, que serviu de controle. Os resultados estão expressos na Tabela 3. Nenhum efeito foi observado. O comportamento floral das plantas foi idêntico, nada indicando que os gases provenientes da área queimada pudessem ter algum efeito indutor ou promotor da sua floração.

Tabela 3 - Efeito dos gases provenientes da combustão (intensidade de floração na área exposta aos gases / intensidade de floração na área não exposta)

<i>Anemopaegma arvensis</i>	0/0
<i>Borreria suaveolens</i>	1/1
<i>Calea cuneifolia</i>	1/1
<i>Calea platylepis</i>	0/0
<i>Chamaesyce burxifolia</i>	0/0
<i>Chrysophyllum soboliferum</i>	0/0
<i>Cissampelus ovalifolia</i>	1/1
<i>Crumenaria choretroides</i>	0/1
<i>Eriope crassipes</i>	1/1
<i>Lantana montevidensis</i>	0/0
<i>Lippia lupulina</i>	0/0
<i>Oxalis hirsutissima</i>	0/0
<i>Pfaffia gnaphalioides</i>	0/0
<i>Pfaffia jubata</i>	0/0
<i>Salvia brevipes</i>	0/0
<i>Sisyrinchium vaginatum</i>	0/0
<i>Stylosanthes capitata</i>	0/0
<i>Tetrapteris salicifolia</i>	0/0
<i>Vernonia brevifolia</i>	0/0
<i>Vernonia grandiflora</i>	0/0
<i>Vernonia herbacea</i>	0/0
<i>Viguiera bakeriana</i>	0/0
<i>Waltheria communis</i>	0/0
<i>Wedelia glauca</i>	0/0

2. - Experimentos de Laboratório

2.1. - Morfologia externa das plantas

Todas as quatro espécies investigadas em experimentos de laboratório no presente trabalho são criptofíticas, apresentando estruturas subterrâneas gemíferas perenes que se desenvolvem a poucos centímetros de profundidade no solo.

2.1.1. - *Lantana montevidensis*

A morfologia externa de uma planta de *Lantana montevidensis*, durante seu período de floração, está representada na fig. 16. Seu xilopódio é característico: bem lenhoso e resistente. De sua porção mediana e inferior partem algumas raízes, que em geral se desenvolvem superficialmente no solo. Na porção superior do xilopódio observamos numerosas gemas dormentes que poderão despertar no caso de os ramos epigeus da planta serem destruídos. Estas gemas são protegidas por pequenas escamas ou catafilos.

A figura acima mostra ainda três ramos aéreos, com folhas dispostas em verticilos. Os capítulos de flores nascem de gemas axilares, mais frequentemente do segundo e terceiro verticilos de folhas de cada ramo.

As gemas apicais dos ramos apresentam uma certa paralização de crescimento durante o período de antese das flores. Quando as corolas secam e caem, iniciando-se o desenvolvimento dos frutos, elas retomam seu crescimento, produzindo, ao fim de 3-4 meses, ramos que atingem 30-40 cm de comprimento. Em condições normais de luminosidade, após este período de crescimento as gemas

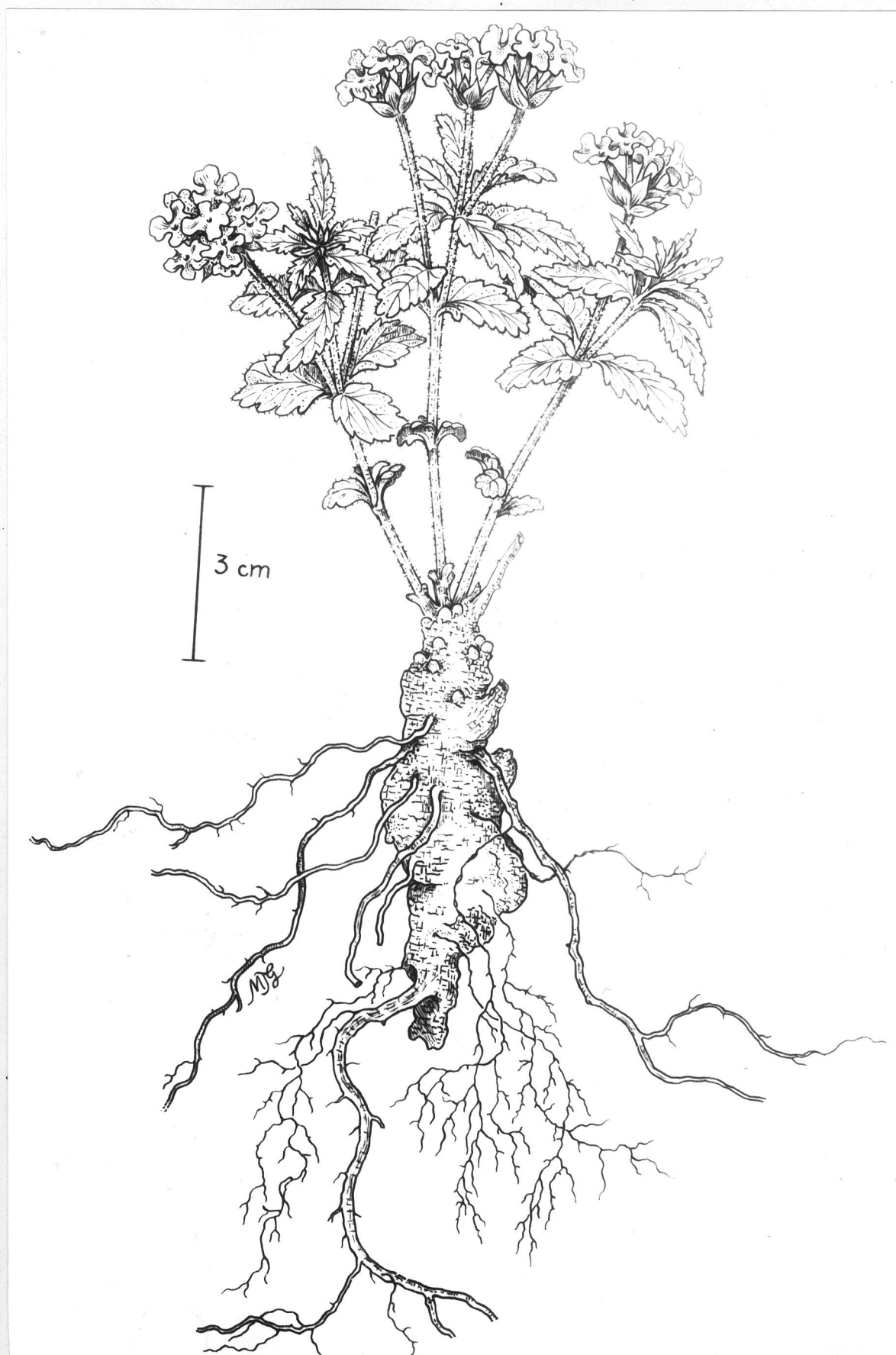


Fig. 16 - Morfologia externa de uma planta florida de *Lantana montevidensis*

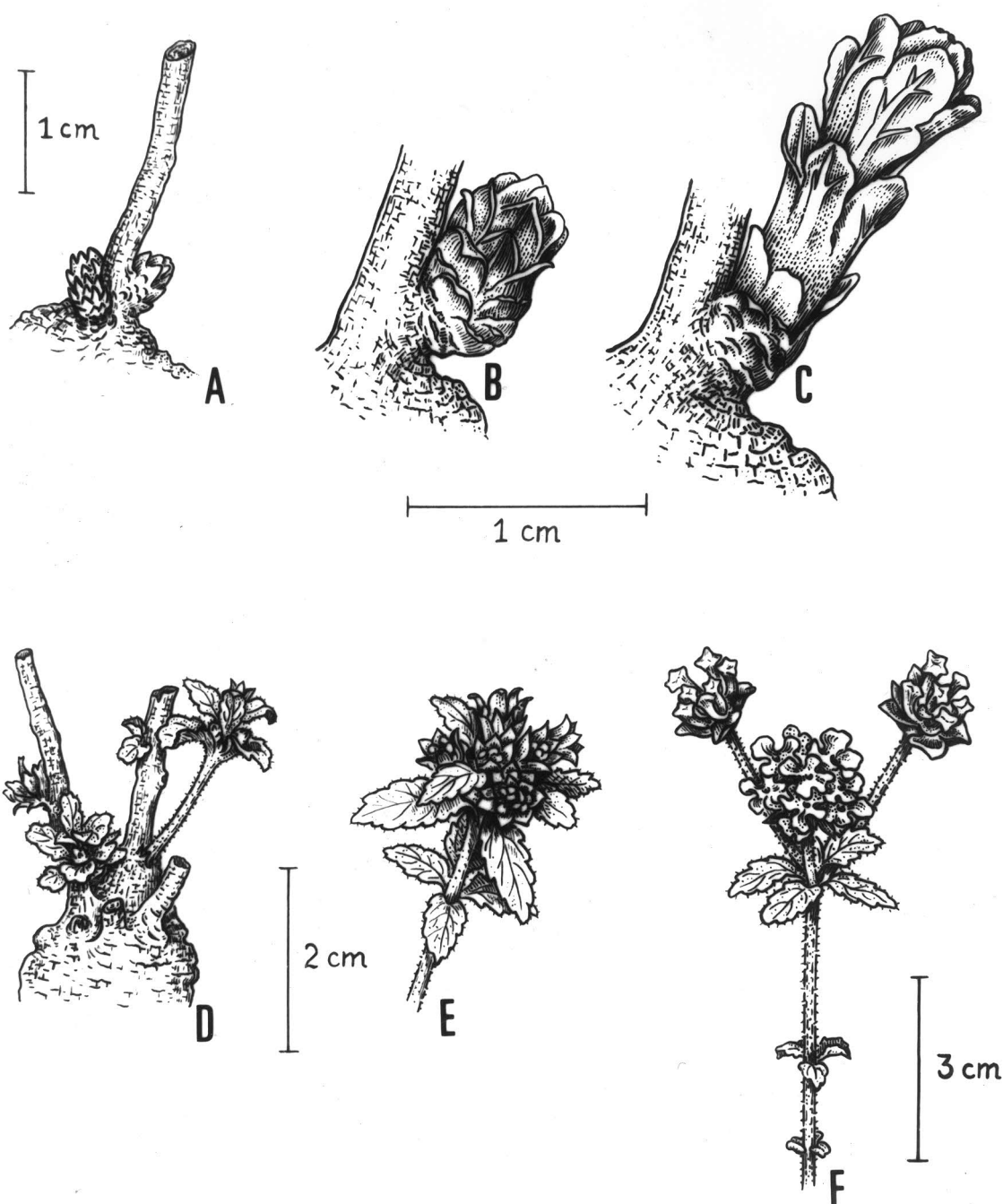


Fig. 17 - Desenvolvimento de uma gema xilopodial de *Lantana montevidensis*. A - gema dormente; B e C - início do desenvolvimento após a queima dos ramos epigeus; D - inflorescências axilares já visíveis a olho nu; E - fase de botões florais; F - flores já em antese.

apicais entram novamente num estágio de repouso que persiste até o fim da estação seca, quando, então os ramos perdem a maior parte de suas folhas. Se a parte epigêia for destruída pelo fogo, por exemplo, novas gemas do xilopódio brotam vigorosas, repetindo-se o ciclo. Caso não haja destruição, numerosas gemas axilares brotam dos ramos velhos, produzindo pequenos ramos de aparência debilitada.

Na fig. 17 mostramos, numa seqüência de desenhos, o desenvolvimento de uma gema do xilopódio com a produção de inflorescências laterais.

2.1.2. - *Stylosanthes capitata*

A morfologia externa de uma planta de *Stylosanthes capitata* pode ser vista na fig. 18. O xilopódio desta espécie é também bastante característico. As raízes, que nascem de sua porção inferior, são superficiais no solo. Após a queima ou poda, numerosas gemas situadas na porção superior do xilopódio se desenvolvem, produzindo ramos delicados e folhas alternas trifolioladas. Após um certo desenvolvimento vegetativo, as gemas apicais dos ramos dão origem a inflorescências, características pelas numerosas brácteas que, então, aparecem na parte terminal dos ramos. Estes persistem assim até a época seca, podendo perder parte de suas folhas. Não sendo eliminados, as gemas axilares brotam formando numerosas ramificações.

Na mesma figura podemos ver ainda uma seqüência de desenhos, de A a F, que ilustram o desenvolvimento de uma gema xilopodial, o qual termina pela produção de uma inflorescência apical.

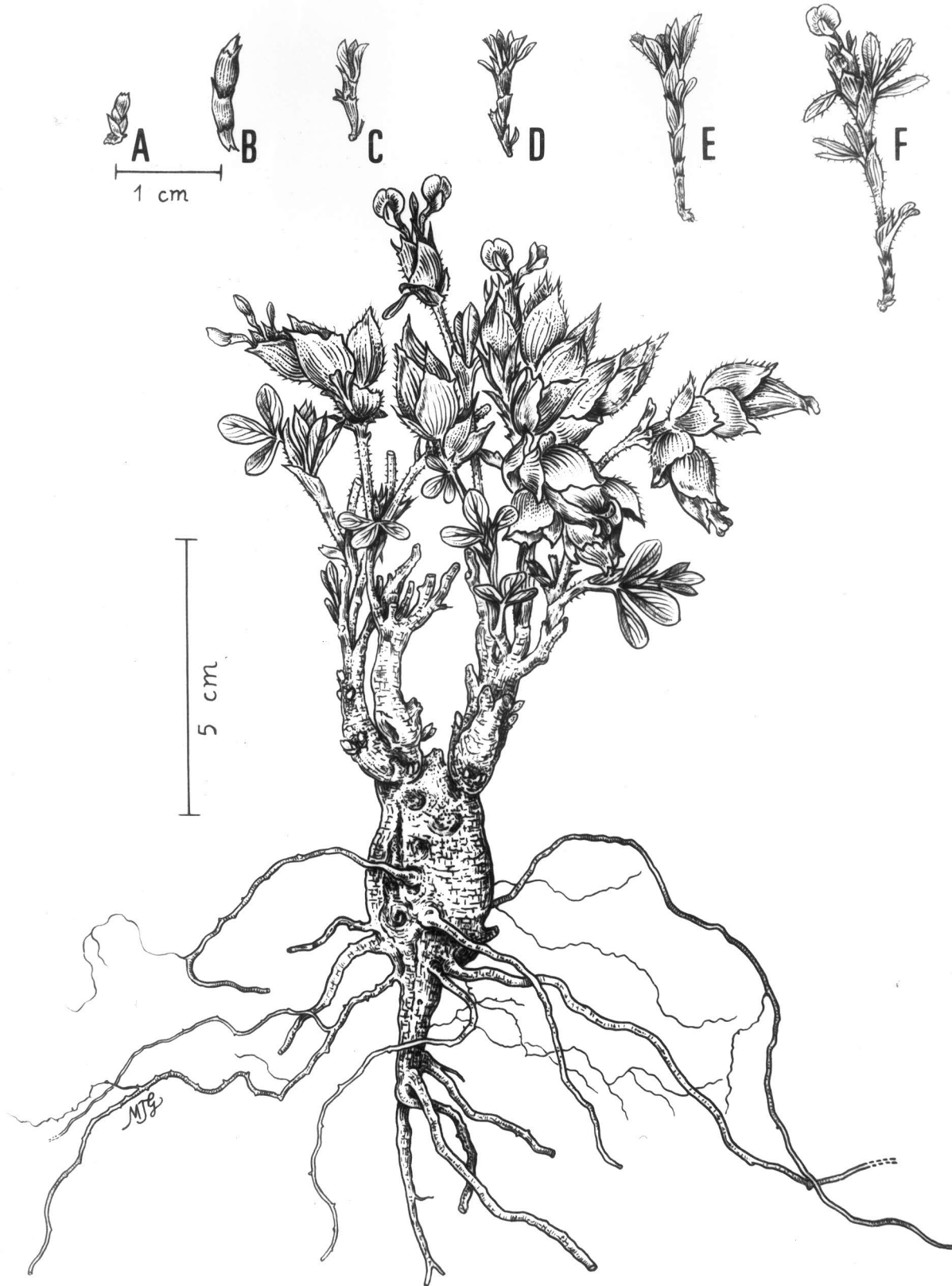


Fig. 18 - Morfologia externa de uma planta de *Stylosanthes capitata* e desenvolvimento de uma gema xilopodial. A - gema dormente; B - início do desenvolvimento após a queima dos ramos epigeus; C a E - fases de crescimento do novo ramo; F - ramo já florido no ápice.

2.1.3. - *Vernonia grandiflora*

Esta espécie não mostra um xilopódio tão típico quanto as demais espécies aqui estudadas (fig. 19). Suas numerosas raízes cilíndricas e sem ramificações mais evidentes nascem de uma estrutura que ora se aparenta a um xilopódio, ora a um rizoma ou ainda a um rizóforo. Não podemos precisar sobre sua exata natureza. Os novos ramos nascem geralmente de gemas situadas na base dos ramos mais velhos. As folhas são simples, alternas, e a inflorescência é terminal, podendo se desenvolver, também, algumas inflorescências axilares, na parte terminal do ramo. Frequentemente apenas um ramo se desenvolve. Em plantas mais velhas podemos encontrar dois, três ou mais ramos desenvolvidos ao mesmo tempo.

No inverno, muitas folhas secam e não chegam a cair, ficando a planta com um aspecto ressequido. Se os ramos velhos forem eliminados, gemas situadas em suas porções mais basais se desenvolvem, produzindo novos ramos e flores. Caso contrário, com a chegada das chuvas, algumas gemas axilares dos ramos antigos se desenvolvem e produzem ramos que eventualmente podem chegar a florescer. Às vezes as gemas florais chegam a se formar mas não completam seu desenvolvimento.

Na fig. 20 mostramos várias fases do desenvolvimento de uma gema, até a produção da inflorescência terminal.



Fig. 19 - Morfologia externa de uma planta de *Vernonia grandiflora*



Fig. 20 - Desenvolvimento de uma gema basal de *Vernonia grandiflora*.
 A - gema dormente; B e C - início do desenvolvimento após a queima dos ramos epigeus; D a F - fases de crescimento do novo ramo; G e H - gemas apicais já visíveis a olho nu; I - flores já em antese.

2.1.4. - *Wedelia glauca*

Esta espécie apresenta um xilopódio caracte -
rístico de onde nascem algumas poucas raízes superficialmente dis-
tribuídas no solo. Os ramos epigeus, em grande número, nascem de
gemas do xilopódio que se desenvolvem depois da eliminação dos ra-
mos antigos. As folhas são ora alternas, ora nitidamente opostas .
As inflorescências, em capítulo, são terminais (fig. 21).

Não havendo eliminação dos ramos velhos, após
a época seca estes se ramificam. Algumas gemas do xilopódio podem
desenvolver-se, porém, tanto quanto pudemos observar, permanecem
vegetativas.

O desenvolvimento de uma gema, com a produ -
ção, ao final, de um capítulo, está representado, para esta espé -
cie, na fig. 22.

2.2. - *Estudo anatômico das gemas*

Como o efeito da eliminação das partes epigêi-
as das plantas sobre a floração subsequente poderia ser apenas o
de uma liberação da dominância exercida pelos ramos velhos sobre
gemas já anteriormente diferenciadas como gemas florais, realiza -
mos uma série de estudos anatômicos, conforme descrevemos na parte
de metodologia, com o objetivo de esclarecer este problema.

2.2.1. - *Lantana montevidensis*

Fotomicrografias de secções longitudinais ra-

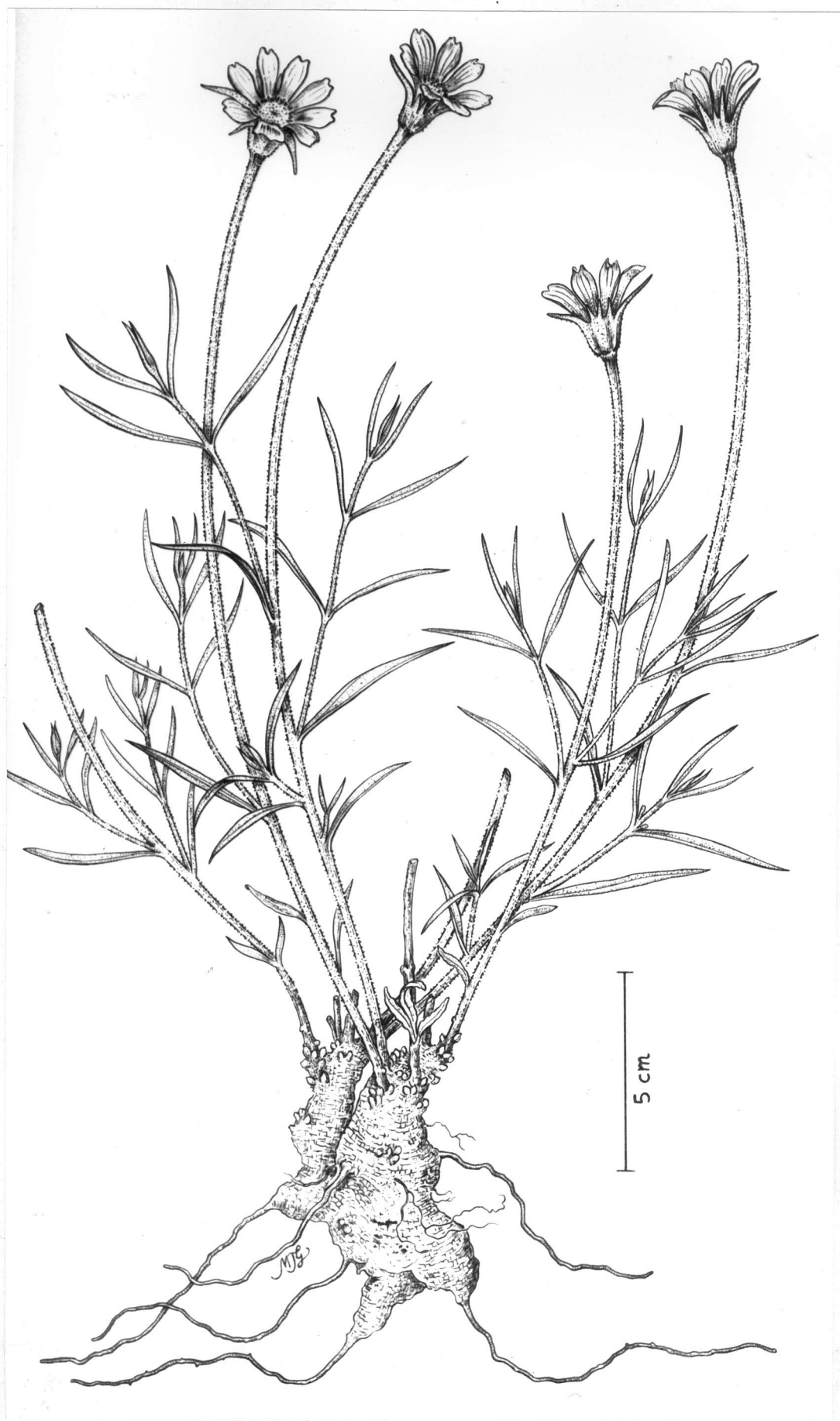


Fig. 21 - Morfologia externa de uma planta florida de *Wedelia glauca*



Fig. 22 - Desenvolvimento de uma gema xilopodial de *Wedelia glauca*.

A - gemas dormentes; B - início do desenvolvimento após a queima dos ramos epigeus; C e D - fases de crescimento do novo ramo; E - gema apical já visível a olho nu; F e G - fases de crescimento da inflorescência; H - flores já em antese.

diais de gemas do xilopódio desta espécie, coletadas antes da queima (A), cinco dias (B), 10 dias (C, D), 15 dias (E, F) e 20 dias depois (G, H), estão apresentadas na fig. 23. Podemos notar que antes da queima as gemas não apresentam ainda qualquer diferenciação ou sintoma de indução floral. Por volta do 10º dia as gemas axilares do novo ramo em desenvolvimento começam a crescer. As fotos E e F, referentes ao 15º dia, já mostram as gemas axilares com indícios de indução, isto é, o abaulamento do meristema e o aparecimento de primórdios dos botões florais. Ao 20º dia as estruturas e peças florais já são perfeitamente distintas (G e H).

Pelo exposto podemos inferir que a indução floral ocorre algum tempo após a destruição dos ramos velhos pelo fogo. Não se trata, portanto, de mera distensão de estruturas diferenciadas anteriormente à queimada.

2.2.2. - *Stylosanthes capitata*

As fotomicrografias constantes da fig. 24 mostram o resultado que obtivemos com relação a esta espécie. Nenhum sinal de indução floral existe na gema xilopodial, anteriormente à queima das partes epigéias (A). Por volta do 10º dia as gemas axilares do broto começam também a crescer. Aos 15 dias já se notam estruturas florais bem diferenciadas, tanto na gema apical como nas axilares, dando origem à inflorescência.

Como na espécie anterior, a indução floral só ocorreu cerca de 10 dias após a queimada.

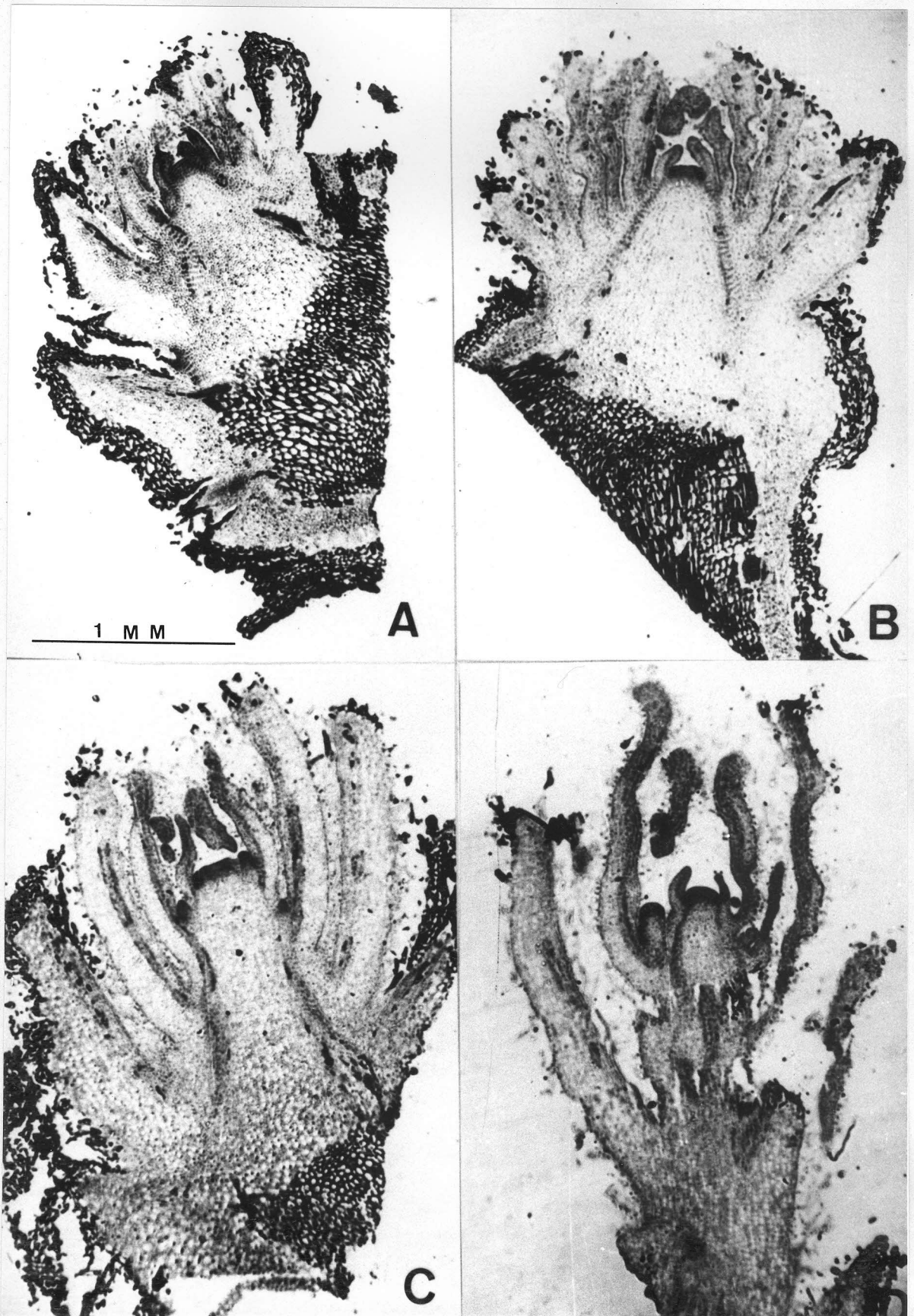


Fig. 23 - Fases de desenvolvimento das gemas xilopodiais de *Lantana montevidensis*. A - gema dormente; B - cinco dias após a queima; C e D - dez dias após a queima.

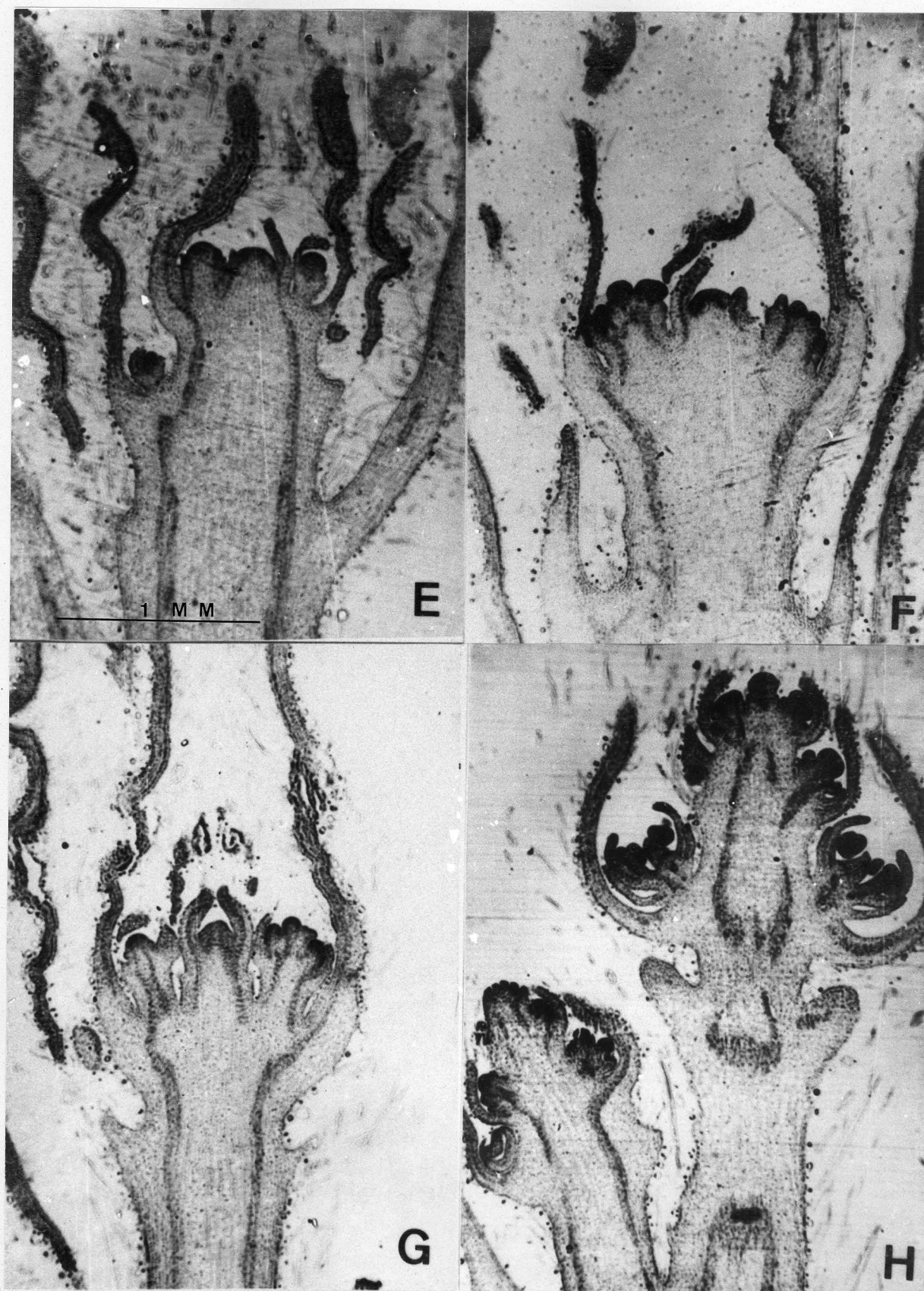


Fig. 23 - Fases de desenvolvimento das gemas xilopodiais de *Lantana montevidensis*. E e F - quinze dias após a queima; G e H - vinte dias após a queima.

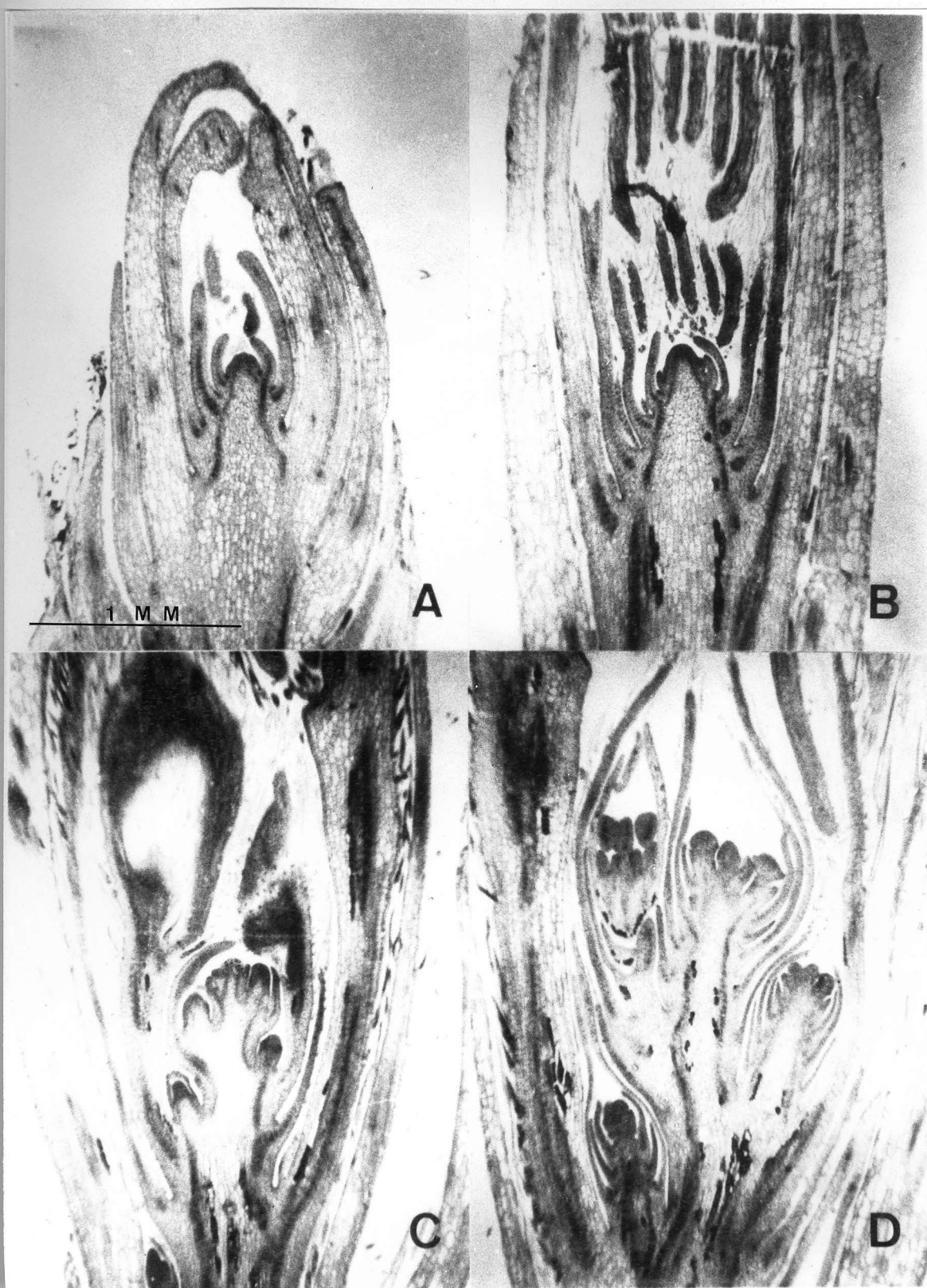


Fig. 24 - Fases de desenvolvimento das gemas xilopodiais de *Stylosanthes capitata*. A - gema dormente; B - cinco dias após a queima; C - dez dias após a queima; D - quinze dias após a queima.

2.2.3. - *Vernonia grandiflora*

Conforme ilustram as fotomicrografias da fig. 25, a indução floral da gema apical do novo ramo, que se desenvolve após a queima, só se manifesta por volta do 10º dia (C). Em (D) notamos já alguns primórdios dos botões florais do capítulo em desenvolvimento. Anteriormente à queima (A), a gema se apresenta em estado de repouso vegetativo.

2.2.4. - *Wedelia glauca*

Nesta quarta espécie analisada (fig. 26), os resultados não foram diferentes das três anteriores. Também aqui a gema xilopodial não apresenta qualquer expressão anatômica de que já esteja induzida a florescer; ela é tipicamente vegetativa (A). Por volta do 10º dia se observa um primeiro sintoma, qual seja o abaulamento pronunciado do meristema (C). Aos 15 dias os primórdios dos botões florais do novo capítulo já são bem visíveis.

Ao finalizarmos mais este item do trabalho, acreditamos poder concluir que, pelo menos para as espécies que estudamos, a eliminação das partes epigêias das plantas durante uma queimada, por exemplo, provoca um acentuado efeito morfogênético nas gemas dormentes dos xilopódios, fazendo-as despertar e passar, em pouco tempo, de um estado vegetativo para um estado floral.

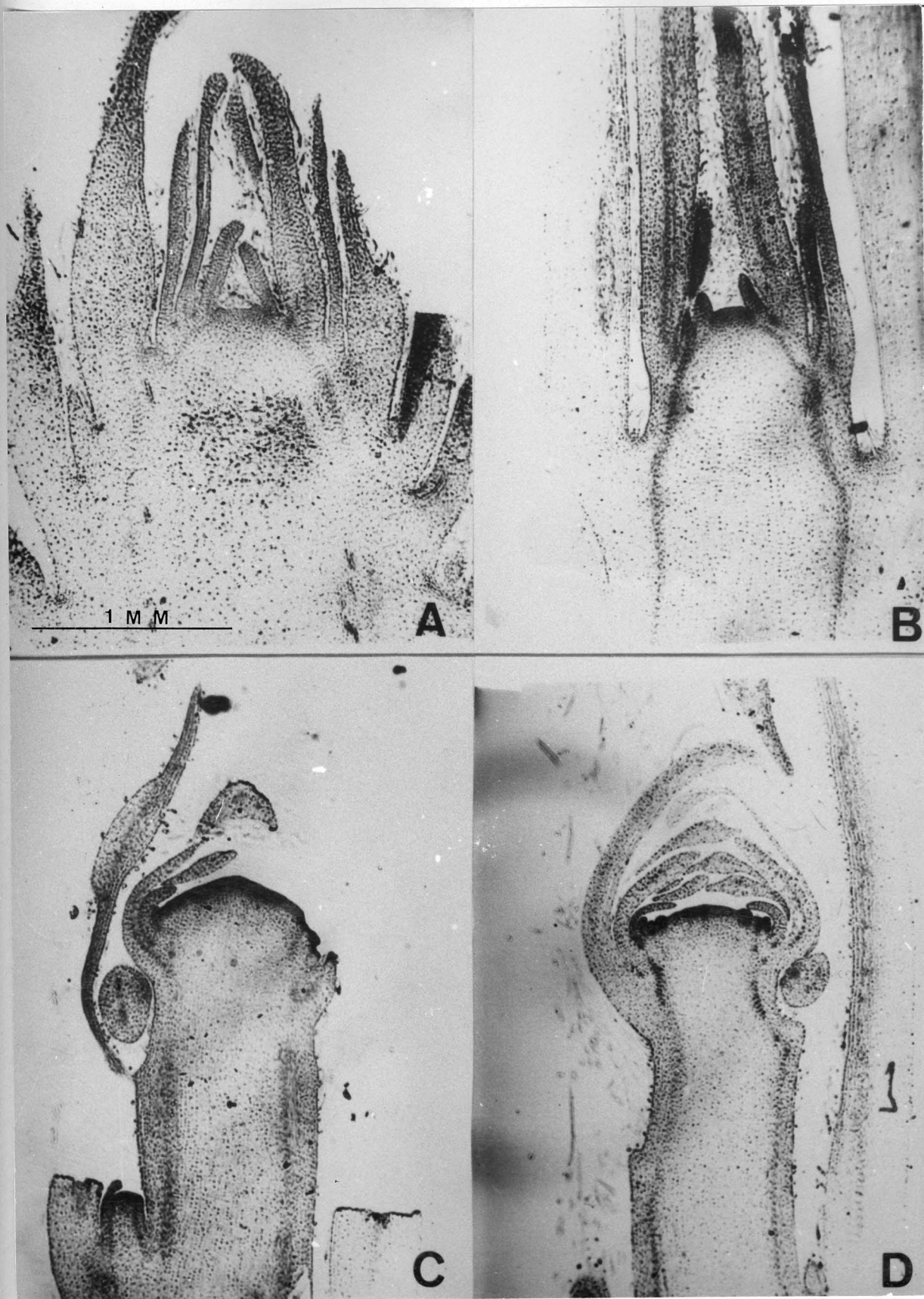


Fig. 25 - Fases de desenvolvimento das gemas basais de *Vernonia grandiflora*. A - gema dormente; B - cinco dias após a queima; C - dez dias após a queima; D - quinze dias após a queima.

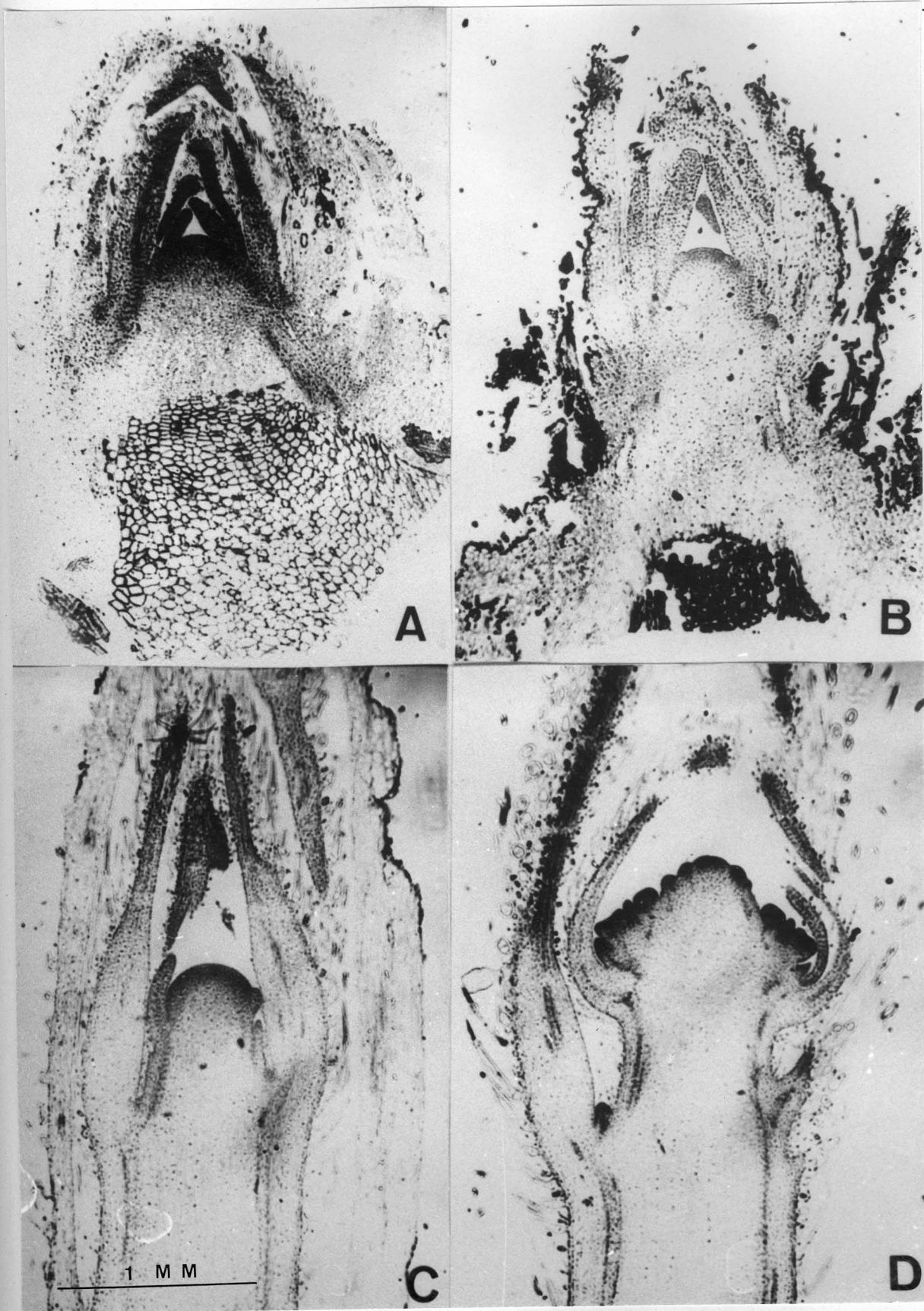


Fig. 26 - Fases de desenvolvimento das gemas xilopodiais de *Wedelia glauca*. A - gema dormente; B - cinco dias após a queima; C - dez dias após a queima; D - quinze dias após a queima.

2.3. - Efeito de diferentes processos de eliminação dos órgãos epigeus das plantas

Estes experimentos foram programados com o objetivo de se repetir, em condições de laboratório e com plantas individuais envasadas, certos experimentos feitos no campo. Através deles procuramos ainda esclarecer, em condições controladas, qual o mecanismo de ação do fogo sobre a floração das espécies investigadas. Outra informação que visávamos obter era saber se plantas queimadas e floridas seis meses atrás já eram capazes de responder a um novo tratamento pelo fogo.

Os resultados que obtivemos estão expressos na Tabela 4. Em primeiro lugar queremos ressaltar o fato de as plantas das quatro espécies terem respondido muito bem a uma nova queimada, com intervalo de apenas seis meses uma da outra, o que nos possibilitou reduzir pela metade o prazo de nossos experimentos.

Em segundo lugar podemos verificar que os três tratamentos produziram efeitos semelhantes, com diferenças não significativas ao nível de 5%. Os resultados foram significativamente diferentes quando comparados com os controles, mesmo ao nível de 1%. Assim, tanto a eliminação dos órgãos epigeus pela queima, como pela poda, ou ainda a simples morte pela seca, podem induzir os indivíduos destas espécies a florescer algum tempo após o tratamento. Podemos afirmar que, pelo menos para estas quatro espécies, o efeito das queimadas sobre a floração, no campo, não deve ser produzido por causas térmicas ou nutricionais (cinzas). Como nestes experimentos usamos indivíduos isolados, e o solo dos vasos estava geralmente bem umedecido após os tratamentos, nem

Tabela 4 - Efeito de diferentes processos de eliminação dos órgãos epigeus sobre a floração (%)

Espécies	Queima	Poda	Seca	Controle ₁	Controle ₂
<i>Lantana montevidensis</i>	83	80	86	0	13
<i>Stylosantes capitata</i>	86	76	76	0	20
<i>Vernonia grandiflora</i>	90	80	86	0	26
<i>Wedelia glauca</i>	83	86	80	0	20

1 - Resultado observado até 90 dias após os tratamentos

2 - Resultado observado até 1 ano após os tratamentos

mesmo diferenças de aquecimento da superfície do solo por exposição ao sol poderiam ser responsáveis pela resposta floral dos indivíduos tratados. Algumas medidas de temperatura do solo que fizemos nos diversos vasos, por meio de termômetros comuns de mercúrio, tanto do controle como dos tratamentos, mostraram valores similares, variando apenas de alguns graus, ora para mais ora para menos.

Em terceiro lugar queremos salientar o fato de que a morte de todos os ramos aéreos pela seca já é bastante para induzir a planta a florescer, desde que o suprimento hídrico retorne ao normal. Este fato nos parece de especial interesse, uma vez que nos sugere a existência de um hidroperiodismo em tais espécies (e talvez em muitas outras do estrato herbáceo subarbus-tivo do cerrado), o qual se teria desenvolvido e sido selecionado em épocas passadas, de clima tropical com secas mais acentuadas. As vantagens de um tal mecanismo de controle de floração são bastante óbvias, pois as plantas somente floresceriam e frutificariam depois de passado o período de seca. O mesmo seria válido para o caso de queimadas.

O fato de quase não termos observado floração destas espécies na área de campo que serviu como controle poderia parecer, de certa forma, incongruente com as porcentagens não desprezíveis de floração apresentadas pelos controles do presente experimento, quando observados por um período mais longo (até um ano após os tratamentos). Acreditamos que estas diferenças possam ser devidas à forte competição interespecífica existente no campo e ausente nas condições de laboratório, e, talvez, a relações alelopáticas prejudiciais à produtividade e ao crescimen-

to, mantidas nas condições de campo.

2.4. - Efeito dos gases provenientes da combustão do capim

Conforme já explicamos no item de materiais e métodos, este experimento foi feito expondo-se plantas, das quatro espécies investigadas em laboratório, aos gases emanados pela combustão de diferentes quantidades de capim parcialmente seco, no interior de uma sala.

Os resultados que obtivemos foram todos negativos, conforme nos mostra a Tabela 5. Apenas no controle houve uma planta de *Vernonia gradiflora* que floresceu.

O experimento nos permite concluir que, pelo menos nas condições em que foi realizado, os gases provenientes da combustão do capim não têm a capacidade de induzir a floração nestas espécies, confirmando, assim, nossas observações de campo.

2.5. - Efeito do fotoperíodo

O fato de as espécies aqui investigadas florescerem no campo após queimadas, independentemente da época em que ela é feita, não elimina necessariamente a possibilidade de que elas apresentem alguma resposta ao fotoperíodo. Talvez dias um pouco mais longos ou um pouco mais curtos que os naturais pudessem induzir alguma resposta floral ou interferir no efeito da queimada.

Foi com esta idéia que programamos uma série de experimentos, expondo lotes de plantas a diferentes condições

Tabela 5 - Efeito dos gases de combustão sobre a floração (%)

Espécies	Gramas de capim queimado					
	25	50	100	200	500	Controle
<i>Lantana montevidensis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Stylosanthes capitata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Vernonia grandiflora</i>	0	0	0	0	0	3
<i>Wedelia glauca</i>	0	0	0	0	0	0

fotoperiódicas.

Como entre a queima da planta e a completa resposta floral decorrem algumas semanas, o efeito do fotoperíodo precisou ser analisado sob dois aspectos: a) efeito da duração do dia no período imediato à queima e anterior à resposta, b) efeito da duração do dia antes da queima.

Na Tabela 6 apresentamos os resultados obtidos quanto ao efeito do fotoperíodo no intervalo de tempo que vai da queima das plantas até a resposta floral. As quatro espécies floresceram em todos os tratamentos sem que diferenças significativas ao nível de 5% pudessem ser notadas.

Estes resultados indicam, portanto, que nas semanas imediatas à queima e anteriores à resposta floral a duração do dia não exerce nenhum efeito sobre a floração destas espécies.

Quanto ao efeito da duração do dia durante o período em que a planta se mantém vegetativa, pós-floral e anterior à próxima queima, os resultados que obtivemos estão reunidos na Tabela 7. Eles foram anotados ao fim de seis meses de tratamento fotoperiódico, antes e depois de ser efetuada uma nova queima. As figuras 27 a 30 ilustram os resultados de alguns tratamentos.

Os dados apresentados nos mostram que o simples tratamento fotoperiódico durante os seis meses do experimento não promoveu a floração em nenhum caso. Todavia, quando uma nova queimada foi realizada, todos os tratamentos apresentaram floração, não havendo diferenças significativas, ao nível de 5%, entre eles.

Embora estatisticamente nem todos os dados

Tabela 6 - Efeito do fotoperíodo, após a queima, sobre a floração (%)

Espécies	Fotoperíodo			
	8	12	16	24
<i>Lantana montevidensis</i>	96	90	83	100
<i>Stylosanthes capitata</i>	90	100	96	93
<i>Vernonia grandiflora</i>	86	96	90	90
<i>Wedelia glauca</i>	93	96	93	100

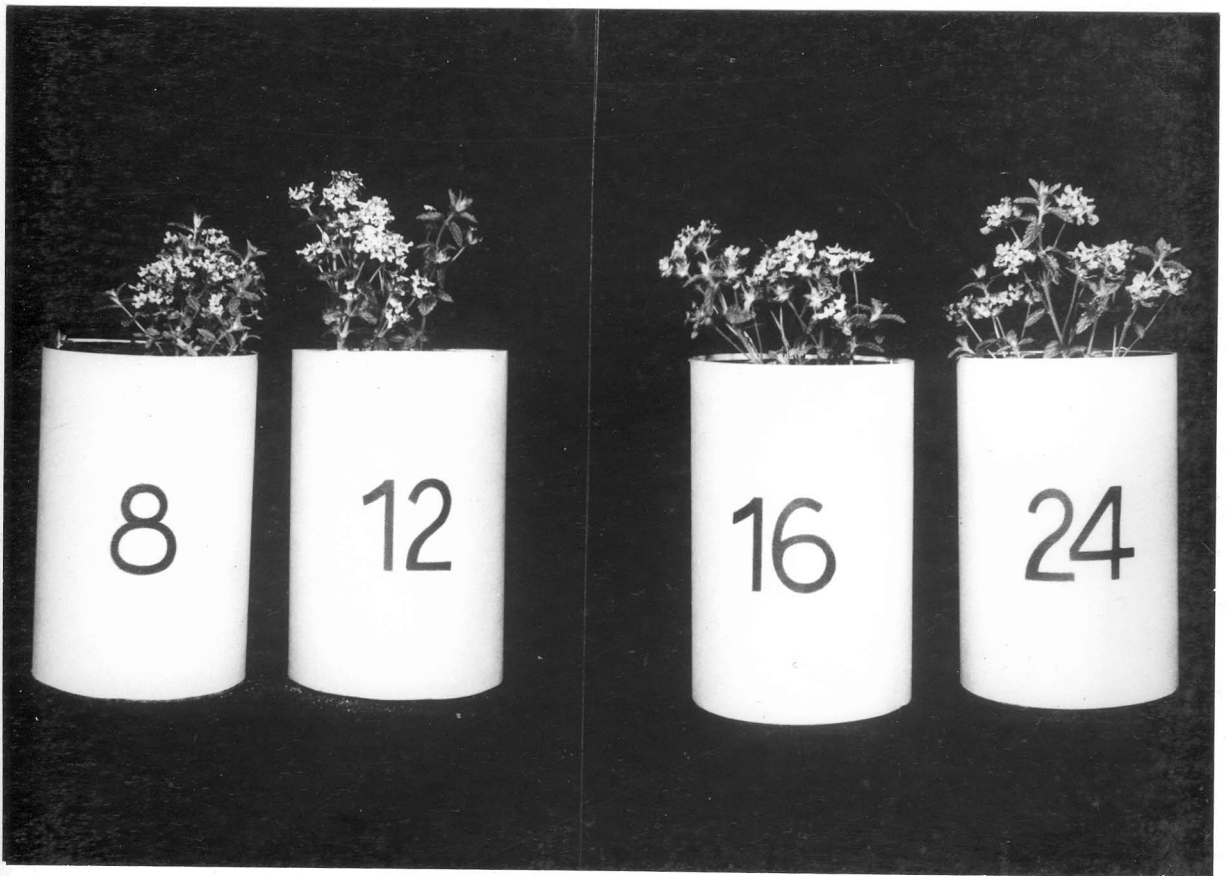


Fig. 27 - Efeito de diversos tratamentos fotoperiódicos, anteriores à queima, em plantas de *Lantana montevidensis* (plantas queimadas).

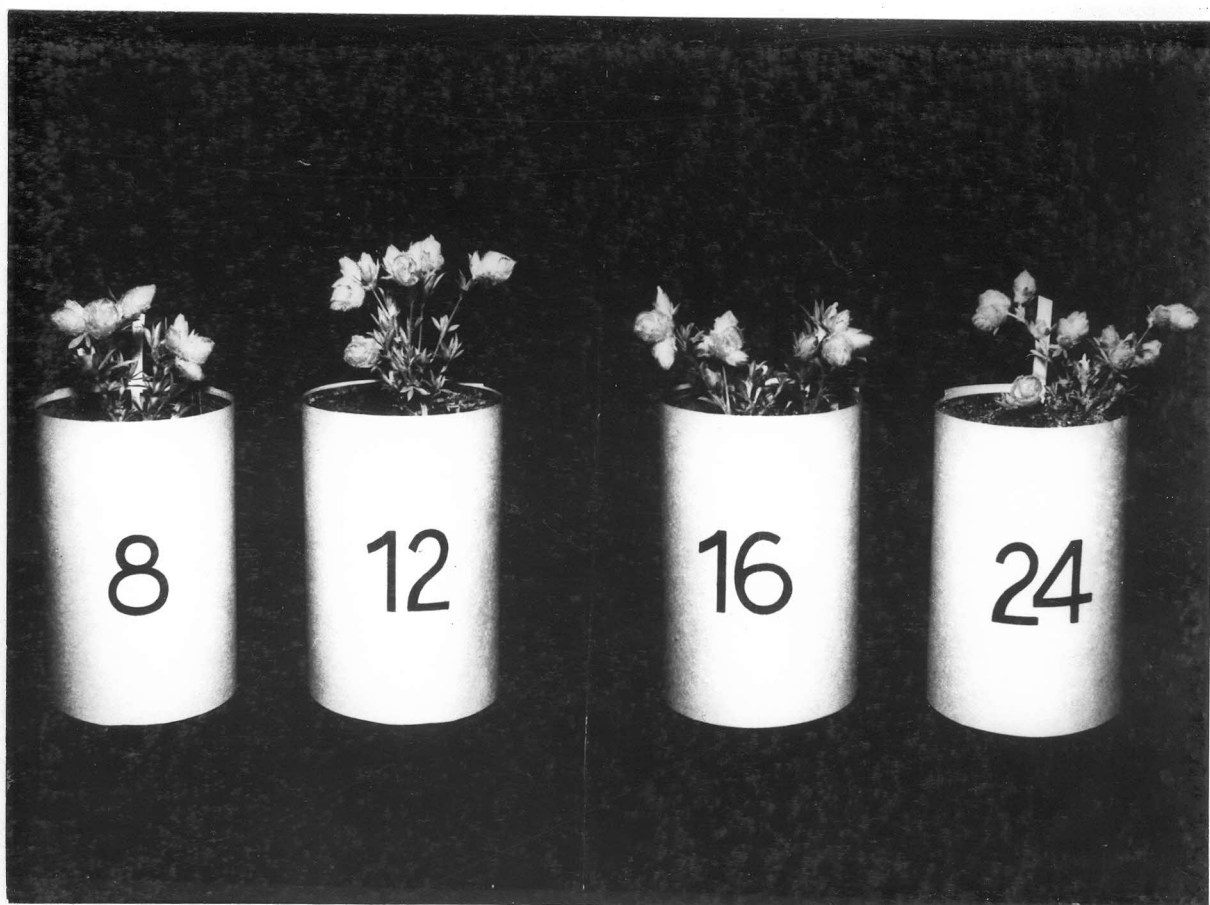


Fig. 28 - Efeito de diversos tratamentos fotoperiódicos, anteriores à queima, em plantas de *Stylosanthes capitata* (plantas queimadas).



Fig. 29 - Efeito de diversos tratamentos fotoperiódicos, anteriores à queima, em plantas de *Vernonia grandiflora* (plantas queimadas).

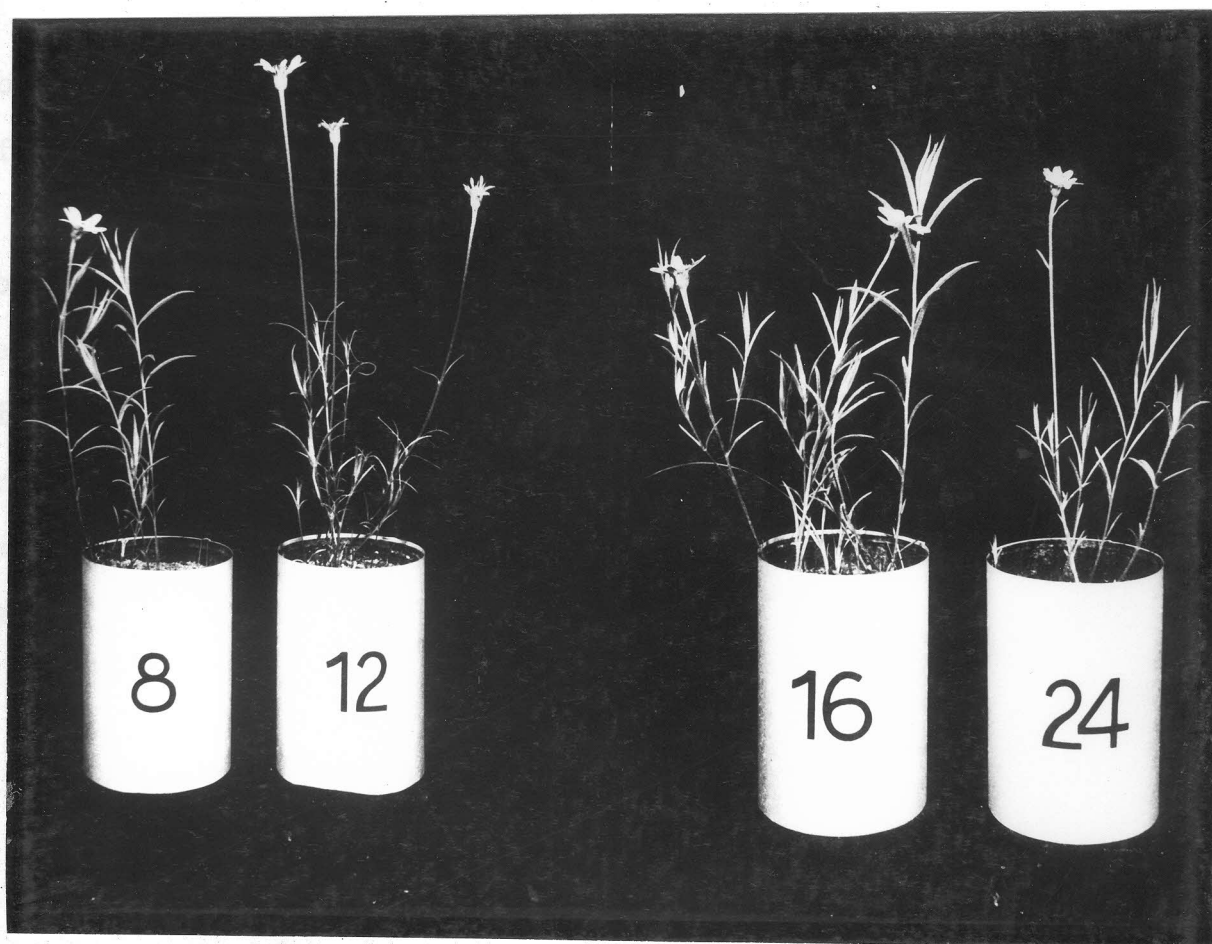


Fig. 30 - Efeito de diversos tratamentos fotoperiódicos, anteriores à queima, em plantas de *Wedelia glauca* (plantas queimadas).

referentes à Tabela 6 sejam diferentes dos da Tabela 7, notamos que, de um modo geral, a reincidência da queimada seis meses depois provocou uma floração um pouco menor em quase todos os tratamentos e em todas as espécies. Isto talvez seja consequência da exaustão de substâncias nutritivas provocada pelo menor intervalo de crescimento vegetativo entre duas queimadas subsequentes.

Como conclusão final deste experimento, podemos afirmar que nas espécies investigadas não observamos qualquer efeito significativo da duração do dia sobre a floração.

Entretanto, a observação dos resultados obtidos nos experimentos de campo, após queimadas realizadas em diferentes épocas do ano (Tabela 2), parece sugerir que certas espécies devam ter sua floração controlada por fotoperiodismo ou outro fator ambiental. Infelizmente, por questões técnicas de envasamento ou pega das mudas, estas espécies não puderam ser investigadas em laboratório.

V - CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

1. - A Contribuição do Presente Trabalho

Considerando-se os objetivos que nos propusemos alcançar, no início do presente trabalho, os resultados obtidos nos permitem tirar uma série de conclusões, que aqui apresentamos.

Foi possível constatar que um grande número de espécies do estrato herbáceo subarbustivo do cerrado é capaz de florescer pouco tempo após uma queimada, sendo que a grande maioria chega mesmo a depender dela, qualitativa ou quantitativamente, para produzir suas flores e reproduzir-se sexualmente.

Pelo estudo do efeito da época da queimada sobre a floração de tais espécies foi possível demonstrar que pelo menos cinco padrões de resposta podem ser observados, distribuindo-se as espécies nos seguintes grupos:

- Grupo 1 - Espécies que dependem qualitativa ou quantitativamente da queimada para florescer, respondendo com floração muito intensa a queimadas feitas em qualquer época do ano.
- Grupo 2 - Espécies que dependem qualitativa ou quantitativamente da queimada para florescer, mas que só florescem, todavia, se a queimada for feita no período da seca, ou de dias curtos.
- Grupo 3 - Espécies que independem qualitativa ou quantitativamente da queimada para florescer. Queimando ou não, florescem no período da seca, ou de dias curtos.
- Grupo 4 - Espécies que independem qualitativamente da queimada para florescer. Quantitativamente são prejudicadas pela

queimada. Florescem geralmente no período das chuvas ,
ou de dias longos.

Grupo 5 - Espécies com ciclo plurianual de floração. Aparentemen-
te não são estimuladas pelas queimadas.

Assim, as espécies do primeiro grupo parecem depender apenas da eliminação de suas partes aéreas para serem in-
duzidas a florescer. Poderiam ser consideradas mesmo como "espé-
cies indicadoras de queimadas", denominação esta já usada por Aris-
teguieta (1959) para certas plantas das savanas venezuelanas. Es-
te é o grupo que reúne maior número de espécies.

As espécies do grupo 2 não dependem exclusi-
vamente da queimada para florescer, mas parecem depender de algum
outro fator, como, talvez, os dias mais curtos do inverno, a ter-
moperiodicidade ou as temperaturas noturnas mais baixas nesta épo-
ca. Este é um problema em aberto, que poderá ser solucionado atra-
vés do cultivo destas plantas em câmaras de condições controla-
das.

As espécies dos grupos 3 e 4 independem das
queimadas para sua floração, podendo-se supor que outros fatores
sejam responsáveis pelas suas épocas de floração.

O grupo 5 é também de particular interesse
para futuras pesquisas, uma vez que em mais de três anos de obser-
vações não constatamos qualquer sinal de floração na única espé-
cie que o representa - *Andira humilis*. Quais os fatores que a le-
vam a florescer em certos anos e em outros não, é mais um proble-
ma em aberto.

Quanto à temperatura do solo durante uma
queimada no cerrado, os nossos dados experimentais vieram demons-

trar, pela primeira vez, que o aquecimento da superfície do solo é relativamente brando, atingindo, nas medições que fizemos, o valor máximo de 74°C. A pequena profundidade no solo, o efeito aquecedor da queimada foi ainda mais atenuado. Estes dados concordam com a opinião de diversos autores, como Pitot e Masson (1951), Vareschi (1962), Walter (1971), de que nas savanas as queimadas não provocam grandes elevações de temperatura no solo. Como o aquecimento à profundidade em que se encontram as gemas de muitas plantas criptofíticas é bem suave, apenas de alguns graus, já poderíamos supor que este não era o fator estimulador ou indutor da floração.

Através de diversos tratamentos pudemos comprovar que o efeito do fogo na floração de certas espécies era semelhante ao de uma poda total dos órgãos epigeus ou ainda ao da morte completa de tais estruturas, provocada pela seca.

Muito se tem discutido a respeito do mecanismo de ação do fogo sobre o crescimento, produção e floração de certas espécies. A grande maioria dos autores admite que o efeito da queimada se produza em consequência do maior aquecimento ulterior do solo, decorrente, por sua vez, de sua maior exposição às radiações solares. Muitos alegam também que a maior disponibilidade luminosa a que ficam sujeitos os novos brotos e o efeito fertilizante das cinzas sejam outros fatores atuantes (Curtis e Partch, 1950; Fries, 1908, cit. por Malme, 1940; Hubbard, 1970; Kucera e Ehrenreich, 1962; Lloyd, 1968). Todavia, experimentos de laboratório, em condições mais controladas, faltam quase que por completo no que se refere ao modo de ação do fogo como promotor ou indutor da floração. Conhecemos apenas o trabalho de Meguro (1969), em

que aquela autora, além de confirmar as observações de campo de Rachid-Edwards (1956) e de Aristeguieta (1959) para *Imperata brasiliensis*, procura explicar a floração desta espécie após a queima como consequência de um duplo efeito do fogo, o de eliminar as folhas e um possível inibidor floral nelas presente e o de estimular, por ação térmica ou de gases da combustão, a formação de um hormônio promotor da floração. Em seu trabalho, a exposição de plantas podadas a gases não deu, todavia, o mesmo resultado que o de plantas queimadas. O efeito térmico não foi testado.

Nas espécies que investigamos, a exposição a gases provenientes da combustão de capim deu resultados negativos, confirmando os resultados de campo. A hipótese de ser a floração uma resposta ao maior aquecimento do solo por ocasião da queimada não parece viável, uma vez que plantas podadas ou que tiveram as partes aéreas secas também floresceram igualmente. Em nossos experimentos de laboratório, em que usamos plantas envasadas individualmente, não observamos um maior aquecimento do solo posterior à queima ou poda, uma vez que a exposição deste às radiações solares não diferia muito, tanto nos controles como nos tratamentos. Não achamos, portanto, que referido aquecimento seja a causa da resposta floral. Quanto à hipótese da fertilização pelas cinzas, ela também fica prejudicada pela resposta positiva obtida com plantas podadas. Acreditamos que, quanto à fisiologia da indução floral pela queima dos órgãos epigeus, o que realmente é importante, ao menos nas espécies que estudamos, é a eliminação daquelas estruturas, que possivelmente produzam substâncias inibidoras da floração. Com isto, as gemas xilopodiais despertam e, uma vez livres da ação de inibidores, são induzidas a florescer. Em plantas,

cujos ramos epigeus estejam num avançado processo de senescência, eventualmente pode ocorrer também certa porcentagem de floração, como decorrência talvez da queda de produção de inibidores em tais ramos já senis.

Em condições de campo acreditamos que fatores de natureza ecológica possam também intervir na floração dos indivíduos, em adição ao mecanismo fisiológico acima exposto. A manutenção de toda a massa vegetal epigéia numa área, pela falta de queima ou poda, poderia dificultar a floração de um indivíduo por diversos modos: 1) frequentemente esta massa vegetal epigéia não está completamente morta, mesmo na época seca. Com isto o consumo de água por este manto de folhas e ramos não é desprezível, criando, talvez, uma intensa competição ao nível de raízes. Esta deficiência hídrica poderia ser prejudicial ao processo de indução e desenvolvimento das flores. 2) em ecossistemas oligotróficos, como é o caso do cerrado, a maior parte dos nutrientes disponíveis no solo deve ciclar, rápida e eficientemente, deste para a vegetação, durante o período de desenvolvimento vegetativo. Assim numa área de cerrado não queimada, a maior parte dos nutrientes minerais deve se encontrar imobilizada na própria fitomassa, particularmente se estivermos considerando o ciclo de nutrientes solo-planta no estrato herbáceo subarbustivo. Desta forma, a disponibilidade de nutrientes no solo, para um indivíduo de uma área de cerrado não queimada, pode ser limitante ao crescimento e desenvolvimento de novas gemas florais. 3) o acúmulo de folheto em áreas não queimadas também poderia limitar a floração dos indivíduos através, talvez, de processos alelopáticos.

Todas estas hipóteses que aqui formulamos -

tanto da existência de inibidores de floração nos órgãos epigeus maduros, como dos fatores ecológicos, que em condições de campo também poderiam intervir na floração - constituem ainda campo aberto à experimentação.

Quanto a uma eventual influência do fotoperíodo sobre a floração das quatro espécies que estudamos em condições de laboratório, nenhum efeito foi verificado, seja no tratamento por dias curtos, seja no de dias longos, no de dias longo-curtos ou curto-longos. Em qualquer destes casos não houve floração como resultado do simples tratamento fotoperiódico. Quando as plantas de todos os tratamentos foram queimadas, todas floresceram, indicando não haver influência da duração do dia, mas sim da queimada.

Acreditamos, todavia, que um certo número de espécies do estrato herbáceo subarbustivo do cerrado (especificamente aquelas que só florescem em determinadas épocas do ano, dependendo ou não da ocorrência de queimadas) dependam talvez de condições fotoperiódicas ou termoperiódicas para florescer. Devido a certas dificuldades de cultivo não pudemos usar nenhuma destas espécies em nossos experimentos de laboratório. Contornadas tais dificuldades, elas constituiriam um material excelente para a investigação da influência do fotoperíodo na indução floral de espécies tropicais. Tais estudos viriam preencher uma lacuna muito grande que existe com respeito aos nossos conhecimentos sobre a fisiologia da floração de espécies típicas dos trópicos, muitas vezes com insensíveis às variações fotoperiódicas estacionais ou como não sujeitas a variações suficientemente grandes para poderem ter selecionado este processo de controle de seu de-

envolvimento. Tal pensamento é, todavia, feito aprioristicamente uma vez que faltam experimentos neste sentido. Cumpre-nos lembrar aqui os trabalhos de Felipe e col. (1971) em que os autores demonstram o caráter fotoperiódico da floração de *Porophyllum lanceolatum*, uma planta de cerrado de dias curtos, e o de Coutinho e Dionello (inédito), no qual verificamos o caráter de planta de dia longo-curto em *Melinis minutiflora* (capim-gordura), uma espécie que frequentemente invade áreas de cerrado mais protegidas contra o fogo e o pastoreio.

Uma outra contribuição do presente trabalho foi demonstrar, em algumas espécies que sempre respondem às queimadas com uma floração bastante intensa, que a eliminação dos ramos epigeus provoca uma indução floral nas gemas xilopodiais, que logo despertam de seu estado de dormência, e não apenas uma liberação do crescimento de estruturas já previamente diferenciadas naquelas gemas.

2. - As Queimadas e a Fenologia da Floração

Com respeito à fenologia das espécies de cerrado, particularmente no que se refere às épocas de floração, muito pouco existe na literatura. Podemos mencionar aqui os trabalhos de Löfgren (1890), Malme (1903/4, 1904a, 1904b, 1905/6a, 1905/6b, 1924, 1928, 1931, 1932a, 1932b), Rizzini (1971b), Salgado-Labouriau (1973), Usteri (1911) e Warming (1908), que trazem algumas informações sobre épocas de floração de espécies do cerrado. Todavia, faltam até hoje catálogos fenológicos detalhados. Um fato curioso que podemos observar nos poucos dados disponíveis é que

muitas espécies do estrato herbáceo subarbustivo foram observadas em flor em épocas bastante diversas, como é o caso de *Calea cuneifolia*, referida por Usteri (1911) como em floração nos meses de abril e outubro, isto é, no outono e na primavera. Sendo esta espécie dependente de queimadas para floração, conforme demonstramos no presente trabalho, fica fácil compreender que ela possa florescer nas mais diversas épocas do ano, dependendo de ter sido queimada neste ou naquele mês ou, até mesmo, de ter tido seus ramos aéreos eliminados por formigas ou outros herbívoros, nesta ou naquela estação. Como pudemos comprovar, a simples poda também pode induzir a floração nesta espécie. Rizzini (1971b) também ressalta a variabilidade das épocas de floração e frutificação no cerrado, dizendo: "Épocas de floração e frutificação no cerrado, são muito variáveis. Eventualidade frequente é o encontro de plantas, ao mesmo tempo, com flores e frutos; muitas podem florescer duas vezes num ano ou apresentar floração prolongada." (l.c. pg. 123).

Referindo-se a coletas de pólen que realizou em cerrados do Brasil Central, ao longo de diversos meses do ano, Salgado-Labouriau (1973) afirma que setembro é sem dúvida nenhuma o mês que apresenta maior variedade de tipos polínicos, o que refletiria, assim, o mês em que maior número de espécies estaria em floração. Poderíamos explicar esta observação da autora se lembrássemos que é justamente nos meses de julho, agosto e setembro que se realiza a grande maioria das queimadas de cerrado naquela região do país, as quais têm como consequência a intensa floração de muitas espécies herbáceo subarbustivas. Provavelmente o mês de coleta de maior variedade de tipos polínicos seria outro se, nos arredores dos pontos de coleta, os cerrados fossem queimados em

outras épocas.

O estudo da fenologia da floração de espécies herbáceo subarborescentes do cerrado não pode deixar de levar em conta que as queimadas, ou até mesmo a eliminação dos ramos epigeus por animais, podem induzir a floração de certas espécies. A época da floração fica, portanto, dependendo da ocorrência destes fatores de indução, que podem ser, às vezes, esporádicos ou eventuais.

3. - As Queimadas e a Vitalidade das Espécies de Cerrado

A vitalidade e o vigor das espécies de cerrado, incluindo-se sob estes termos a sua capacidade de reprodução (veja-se Daubenmire, 1968), é profundamente influenciada pelas queimadas. Todavia, o sentido desta influência varia bastante conforme consideremos as espécies herbáceo subarborescentes ou as arbustivo arbóreas. Para a grande maioria daquelas, uma queimada representa enorme estímulo à floração e à produção de frutos e sementes, se bem que isto não ocorra necessariamente com todas as espécies, como demonstramos neste trabalho. Além disto, ela age como um fator sincronizador da floração dentro das populações, desempenhando um importante papel genético e evolutivo para estas espécies. Para as espécies arbustivo-arbóreas, o efeito das queimas, é, em geral, prejudicial, seja porque o fogo sempre consegue destruir alguns troncos e ramos, apesar de toda a proteção dada pelas cortiças espessas, seja porque retarda o crescimento das plantas pela morte das gemas menos protegidas, seja porque destrói botões, flores, frutos, sementes ou plântu -

las. Como muitas destas espécies brotam e florescem, às vezes , já em plena estação seca ou no fim desta, a ocorrência de queimadas tardias, realizadas no fim de setembro e princípio de outubro, é particularmente desastrosa para esta flora. Este fato é bastante conhecido de quantos tenham observado queimadas em nossos cerrados, já tendo sido descrito por Warming (1908). Este autor refere-se mesmo ao fato de que, após uma queimada feita em outubro, a maioria dos indivíduos arbóreos, que àquela época do ano já haviam brotado e florescido, pereceu ou passou o resto do período vegetativo quase sem folhas. Mais recentemente e tratando do efeito de queimadas em formações diversas, autores como Cable (1972), Cooper (1961), Hopkins (1962) também têm ressaltado o efeito prejudicial das queimadas para a vitalidade e o vigor das espécies arbustivo arbóreas.

Considerando-se as duas floras integrantes do cerrado, mais uma vez transparece a sua diversidade ecológica, como já salientamos no início deste trabalho. As queimadas, especialmente aquelas ocorridas nos fins da época seca e início das chuvas, são particularmente favoráveis ao crescimento, floração e reprodução da grande maioria das espécies herbáceo subarbuscivas, possibilitando, assim, uma imediata dispersão de tais espécies através de novas áreas também eventualmente atingidas pelo fogo. Com as queimadas, a flora herbáceo subarbusciva tem seu vigor aumentado, enquanto que a arbustivo arbórea o tem diminuído. Como afirma Daubenmire (1968), modificações na vitalidade das espécies geralmente produzem sucessões. Isto é, possivelmente, o que ocorre em áreas de cerrado queimadas, que incluem também cerradões. Com a queima destes e perda de vitalidade de sua

flora, as espécies herbáceo subarborescentes de áreas campestres ou savanícolas vizinhas, também queimadas, invadem rápida e intensivamente o cerrado devastado, com suas disseminulas prontamente produzidas semanas após a passagem do fogo. À medida que estas espécies se implantam e passam a revestir a superfície do solo com uma cobertura herbácea mais contínua, elas próprias criam condições favoráveis à reincidência de queimadas futuras. Assim, a partir de uma queimada do cerrado pode-se desencadear um processo cíclico, favorável à savanização da vegetação, no qual a invasão de novas áreas pelas espécies herbáceo subarborescentes favorece a reincidência de queimadas; estas, por sua vez, aumentam a vitalidade daquelas espécies.

4. - Um Efeito Piromorfo-genético das Queimadas

Pelo estudo anatômico das gemas xilopodiais de plantas herbáceas de cerrado, pudemos demonstrar que ocorre uma profunda modificação naquelas estruturas embrionárias, logo após serem queimados os ramos epigeus, havendo nelas a conversão de um estado vegetativo para um estado floral. A este efeito morfogenético provocado pelo fogo denominamos aqui piromorfogênese, de forma análoga aos efeitos morfogenéticos provocados pela luz, considerados em conjunto como fotomorfogênese. É possível que outros efeitos piromorfogenéticos ocorram entre as plantas de cerrado, talvez relativos ao desenvolvimento de súber em troncos de elementos arbóreos, ou ao desenvolvimento de xilopódios. Estes aspectos, ainda totalmente inexplorados, constituem a nosso ver um interessante campo para futuras pesquisas fisiológicas.

Como atualmente as queimadas se repetem de forma cíclica, em intervalos mais ou menos regulares de um a dois anos, na grande maioria das áreas de cerrado podemos apre - ciar um verdadeiro pioperiodismo, no que se refere aos ciclos de vida de muitas espécies do estrato herbáceo subarbustivo, particularmente daquelas que dependem das queimadas para a sua floração e frutificação. O estudo dos efeitos do intervalo de tempo com que se repetem as queimadas parece-nos um outro aspecto interessante a ser pesquisado. Meguro (1969) observa em *Imperata brasiliensis* que a resposta floral só foi positiva após queimadas feitas em intervalos de aproximadamente um ano. Em intervalos menores as plantas permaneceram vegetativas. Nas espécies que estudamos, um intervalo de seis meses ainda foi bastante efetivo. Acreditamos, todavia, que em intervalos menores a resposta floral à queima tenderia a diminuir. Quais os fatores que controlam estes intervalos mínimos é uma questão que aqui levantamos.

5. - Um Efeito Hidromorfo-genético das Secas

Em nossos experimentos sobre o efeito de diferentes processos de eliminação dos ramos epigeus, na floração de certas plantas herbáceas de cerrado, pudemos verificar que um suprimento hídrico deficiente, simulador de um período de seca, também provocou a eliminação das partes aéreas das plantas. O retorno a um abastecimento abundante de água, simulador, por sua vez, da chegada do período de chuvas, resultou num intenso rebrotamento e floração. Assim, o fator água, através de variações de sua disponibilidade à planta, também foi capaz de produ-

zir intensas modificações nas gemas xilopodiais, fazendo-as passar do estado vegetativo ao floral. Por esta razão falamos aqui num efeito hidromorfogenético.

O clima onde predominam nossos cerrados, bem como as savanas tropicais em geral, chamado por Schimper (1898) e por Grisebach (1876) de "clima de savana", se caracteriza justamente por apresentar duas estações perfeitamente distintas: uma de seca, que coincide com o inverno ou com os dias curtos, e outra de chuvas, correspondendo ao verão ou aos dias longos. Este é o clima Aw de Köppen (1948), termoxeroquimênico de Bagnouls e Gaussen (1957) ou tropical de Walter e Lieth (1960). Entretanto, dentro das condições climáticas atuais, nem sempre o período de seca é suficientemente intenso a ponto de provocar a morte dos ramos epigeus da vegetação herbácea subarbustiva. Embora com profundos sinais de senescência e de estagnação de crescimento, grande quantidade de ramos e folhas ainda se mantém viva naquele período do ano. Fato semelhante é mencionado por Walter (1971), o qual se refere a savanas onde, durante a época seca, os capins amarelecem mas não secam de todo, reverdecendo com as chuvas. Coutinho e col. (inédito) observaram, em Emas, Pirassununga, que, durante a seca, boa parte da fitomassa herbácea subarbustiva ainda permanece com um apreciável conteúdo hídrico. Talvez esta seja uma das razões por que após a seca e no início das chuvas não observemos uma florada intensa das espécies que estudamos, em áreas não queimadas de cerrado. Este fato nos sugere que realmente os tempos atuais correspondam a um período pluvial, dentro da alternância de períodos glaciais e interglaciais, inadequado ao hidroperiodismo das espécies campestres. Acredita-

mos que em períodos interpluviais, em que a seca era mais intensa, a floração destas espécies era controlada por um processo hidroperiódico, embora o fogo também pudesse atuar. É possível que, em certos cerrados atuais, onde a estação seca e as condições de solo proporcionem maior deficiência de suprimento hídrico às plantas, a floração possa ocorrer em virtude de um hidroperiodismo natural.

Este fenômeno poderia perfeitamente ter sido selecionado pelas condições de maior aridez que prevaleceram em certos intervalos da época do pleistoceno. Desde então, este hidroperiodismo caracterizaria, assim, espécies que compunham formações campestres, as quais poderiam se expandir durante períodos mais secos ou se retrair durante períodos pluviais, conquistando ou cedendo lugar a formações florestais como o cerrado.

6. - As Queimadas de Cerrado em Épocas Pré-humanas

É nossa opinião que, em épocas pouco anteriores à interferência do homem no quadro fisionômico da vegetação brasileira, tanto as duas floras de cerrado, a saber, a herbácea subarbustiva e a arbustivo arbórea, como os diversos tipos de formações oreádicas, já estavam presentes no Brasil Central recobrando solos nutricionalmente mais pobres. Todavia, a área ocupada pelas formas intermediárias ou savanícolas de cerrado era bem mais restrita, limitada a faixas ecotonais de vegetação situadas em zonas de contacto entre os campos limpos e rupestres, de um lado, e os cerradões, de outro. Tais formas também poderiam ocorrer em áreas que, por suas características edáficas, impedissem a instalação plena da flora arbóreo arbustiva. As flo-

restas xeromorfas dominavam, entretanto, a maior parte da fisionomia daquela região. A favor desta idéia estaria a pobreza de uma fauna tipicamente savanícola em nossos cerrados, a qual poderia ser devida ao predomínio aí, até um passado próximo, de uma cobertura florestal como a dos cerradões (Fittkau, 1969). O fato de as aves do cerrado serem em sua maioria arborícolas (Sick, 1966) também falaria nesse mesmo sentido.

Acreditamos que, em tais épocas, a ocorrência de queimadas naturais, provocadas por raios ou outro meio qualquer, já se processava em escala ecologicamente significativa, representando um mecanismo de seleção e manutenção da flora herbácea subarbustiva, seja nas áreas naturais de campo, seja nas faixas ecotonais, seja em pequenas ilhas temporárias, abertas principalmente em meio aos cerradões. Em períodos pluviais, o fogo e as más condições de solo teriam sido os principais fatores de manutenção daquela flora. Em períodos interpluviais, a seca e o fogo seriam os responsáveis pela expansão das áreas campestres.

• A ambivalência das adaptações da vegetação herbácea subarbustiva, tanto à seca quanto ao fogo, nos parece mostrar que ambas as condições influíram sobre a evolução de suas espécies, desde longa data.

7. - As Queimadas de Cerrado em Épocas Pré-colombianas

Desde que o homem deixou de ser um animal arborícola, comedor de frutos silvestres, e passou à forma de um caçador bípede, sua predileção por áreas de vegetação aberta, onde a vista pudesse alcançar longe, tornou-se notória. Salvo futu

ros achados que possam vir contradizer os atuais dados antropológicos, a ocupação do Brasil Central pelo homem primitivo parece ter sido bem mais antiga que a da Amazônia ou a do litoral (Mendes, 1970), o que, a nosso ver, viria mostrar a preferência do homem pelas áreas já abertas ou de mais fácil abertura. Esta tendência pode ser notada até nos dias atuais, quer pelos nomes dados a cidades localizadas em regiões campestres, como Boa Vista, Vista Alegre, Campo Florido, Campo Lindo, Campo Alegre, quer pela intensidade com que o povo, principalmente aquele de menor cultura, destrói pelo machado e pelo fogo qualquer vegetação pouco mais densa e de fácil abertura. A preservação das extensas áreas florestais da Amazônia ou da faixa costeira, até hoje, não é devida ao espírito preservador do homem que habita aquelas regiões, mas à dificuldade que ele encontra para transformar densas florestas úmidas em áreas mais abertas. Nelas o trabalho a machado é bem mais penoso e o fogo não se presta como servo.

Em épocas pré-históricas o homem contribuiu bastante, através do fogo principalmente, para ampliar as áreas ecotonais primitivas de cerrado, introduzindo em regiões cobertas por cerradão ou outras florestas tropicais secas um fator limitante da flora arbustivo arbórea que até então ali não existia sob forma constante - o fogo. A objeção de Hueck (1957), de que a população indígena seria por demais escassa para provocar tão intensa e extensa modificação no aspecto da vegetação através do fogo, pode ser rebatida se lembrarmos que 1) nem todas as áreas cobertas por formas campestres ou savanícolas de cerrado se originaram obrigatoriamente por efeito antropogênico 2) para atear fogo à vegetação não há necessidade de grande densidade de popu-

lação; para controlá-lo, sim 3) afinal, a grande modificação provocada é mais fisionômica que outra coisa, uma vez que a flora das formas savanícolas é a mesma dos campos e dos cerradões.

Como a frequência das queimas antropogênicas num mesmo local não era seguramente tão grande quanto hoje, acreditamos que o aumento da extensão das áreas savanícolas e o acúmulo do folheto seco por vários anos pudessem ter aumentado a incidência aí de queimadas naturais provocadas por raios. Assim, através da ação humana e de queimadas naturais, a vegetação campestre e savanícola de cerrado pôde se expandir e se manter por áreas bem maiores que aquelas que ela originalmente ocupava.

8. - *As Queimadas de Cerrado em Épocas Históricas*

Após a penetração do homem branco no território brasileiro, as queimadas de cerrado, sem dúvida nenhuma, se intensificaram, não só em frequência como também em número. Com isto a possibilidade de ocorrência de queimadas naturais se reduziu bastante, a ponto de certos autores duvidarem de sua real existência.

Nos últimos 500 anos acreditamos que os cerrados tenham sofrido uma redução dramática em sua área de distribuição, em benefício de formas campestres e intermediárias savanícolas, como os campos limpos, campos sujos, campos cerrados e cerrados.

Como a incidência de queimadas na região de cerrado assumiu nos últimos tempos proporções realmente desastrosas, torna-se bastante difícil ao ecólogo distinguir áreas primi

tivas campestres ou savanícolas daquelas criadas pela ação do homem, uma vez que todas elas são igualmente atingidas pelos incêndios. Algumas delas poderiam, talvez, dispensar a ação do fogo para a manutenção de sua fisionomia e de sua flora; outras, todavia, não. Algumas seriam condicionadas por fatores edáficos limitantes da flora arbustivo-arbórea; outras, porém, não. As queimadas antropogênicas, servindo como um forte agente savanizador, contribuíram para perturbar e mascarar o quadro natural da distribuição das diversas formas oreádicas de vegetação.

VI - RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo trazer alguma contribuição para o esclarecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do cerrado. Para isto foram realizados experimentos, tanto em condições de campo como em condições de laboratório, usando-se, neste último caso, quatro espécies do estrato herbáceo subarbustivo, comuns nos cerrados de Emas, Pirassununga, a saber: *Lantana montevidensis* (Verbenaceae), *Stylosanthes capitata* (Leguminosae), *Vernonia grandiflora* (Compositae) e *Wedelia glauca* (Compositae).

Pelos nossos experimentos de campo pudemos observar que:

- 1) A temperatura do solo durante a queimada elevou-se relativamente pouco, tendo atingido um valor máximo de 74°C à superfície. A profundidades de 1, 2 e 5 cm no solo, o aquecimento foi bem menor. O período de máximo aquecimento perdurou apenas por alguns minutos. Dentro de uma hora os valores de temperatura retornaram ao normal. À superfície, a temperatura máxima ocorreu no momento em que as chamas passavam pelo local onde se encontravam os sensores.
- 2) Levantamentos das espécies floridas, até 90 dias depois de queimadas feitas em diversos locais e em diferentes meses do ano, permitiram-nos reunir cerca de 150 espécies herbáceo subarbustivas pertencentes a mais de 90 gêneros distintos e mais de 40 famílias, as quais demonstraram ser capazes de florescer pouco tempo após queimadas.
- 3) Queimadas realizadas em diferentes meses, como janeiro, mar -

ço, julho, outubro e dezembro, permitiram-nos verificar que a resposta floral de muitas espécies do estrato herbáceo subarbustivo do cerrado, após a queima, pode variar conforme a época do ano em que esta é feita e conforme a espécie considerada. Pudemos reconhecer cinco padrões de comportamento, a saber:

Grupo 1 - Espécies que dependem qualitativa ou quantitativa - mente da queimada para florescer. Respondem geralmente com floração muito intensa a queimadas feitas em qualquer época do ano.

Grupo 2 - Espécies que dependem qualitativa ou quantitativa - mente da queimada para florescer. Só florescem, todavia, se a queimada for feita no período da seca, ou de dias curtos.

Grupo 3 - Espécies que independem qualitativa e quantitativa - mente da queimada para florescer. Queimando ou não, florescem no período da seca, ou de dias curtos.

Grupo 4 - Espécies que independem qualitativamente da queimada para florescer. Quantitativamente são prejudicadas pela queimada. Florescem geralmente no período das chuvas, ou de dias longos.

Grupo 5 - Espécies com ciclo plurianual de floração. Aparentemente não são estimuladas pelas queimadas.

O grupo que reúne maior número de espécies é o primeiro.

- 4) Em áreas carpidas durante a estação seca, pudemos verificar que esta poda dos órgãos epigeus das plantas também provocou seu brotamento e floração, sugerindo-nos que a ação do fogo na floração não seja feita através da brusca elevação da tem-

peratura do solo ou de gases provenientes da combustão ou ainda de nutrientes provenientes das cinzas, mas da eliminação dos ramos antigos.

- 5) Observações feitas em faixas de controle que delimitavam áreas queimadas, atingidas pela fumaça e pelos gases nela contidos, permitiram-nos concluir que estes não têm a capacidade de induzir a floração nas plantas ali encontradas, afastando, assim, a hipótese de que o fogo pudesse induzir a floração nas plantas através dos gases provenientes da combustão.

Os indivíduos das espécies usadas em nossos experimentos de laboratório, cultivados em nossos jardins e casas de vegetação, eram pequenos subarbustos criptofíticos, possuidores de estruturas subterrâneas de tipo xilopódio, as quais apresentam numerosas gemas dormentes.

Estudos anatômicos, feitos antes da queima dos órgãos epigeus e 5, 10 e 15 dias após, demonstraram que as gemas dormentes não apresentam qualquer indício de indução floral ou de estruturas reprodutivas já diferenciadas. Por volta do décimo dia após a queima começam, então, a surgir modificações estruturais nas gemas, que progridem até a diferenciação dos órgãos reprodutores. Estes dados nos mostram que a floração destas espécies após a queima é o resultado de um processo morfogenético de indução floral e não apenas de uma distensão ou crescimento de estruturas já previamente diferenciadas. É um fenômeno de piromorfogênese.

Os diversos experimentos que realizamos com plantas envasadas permitiram-nos constatar que:

- 1) Usando-se diferentes processos de eliminação dos órgãos epi -

geus, como a queima, a poda mecânica ou a seca, em consequência de um mau suprimento hídrico, os resultados de floração obtidos nestes diversos tratamentos foram semelhantes. Em todos eles houve alta porcentagem de indivíduos floridos. Estes experimentos nos permitem afirmar que a ação do fogo na indução floral destas plantas não se faz pelo efeito térmico durante a queima ou pelo maior aquecimento do solo em virtude de sua maior exposição aos raios solares, ou pela maior luminosidade disponível aos brotos ou ainda pelos nutrientes minerais fornecidos pelas cinzas. O que realmente parece ser importante é a eliminação dos ramos velhos e de um possível inibidor de floração neles presente.

O fato de um período de mau suprimento hídrico, capaz de provocar a secagem e morte dos ramos epigeus, seguido de um retorno às boas condições de abastecimento d'água, provocar também o rebrotamento e floração das plantas, sugere-nos a existência de um mecanismo hidroperiódico de floração em tais espécies, possivelmente desenvolvido e selecionado em épocas geológicas de clima mais seco. Suas vantagens adaptativas são óbvias, pois, as plantas somente floresceriam e frutificariam depois de passado o perigo da seca. Fato semelhante ocorre com relação ao fogo, podendo-se pensar, também num mecanismo piroperiódico.

- 2) Experimentos feitos submetendo-se plantas envasadas a diferentes concentrações de gases provenientes da combustão de capim deram resultados negativos quanto à indução floral, confirmando nossas observações de campo.
- 3) Quanto à sensibilidade ao fotoperíodo, as espécies investiga-

das em laboratório não responderam a qualquer dos tratamentos fotoperiódicos feitos, a saber: 8 h, 12 h, 16 h, 24 h, 8/16 h e 16/8 h. Quando queimadas, floresceram igualmente em todos e les.

Em vista dos resultados obtidos no presente trabalho, é nossa opinião que:

- 1) A fenologia da floração de muitas espécies do estrato herbáceo subarbustivo pode ser bastante irregular, dependendo da eventualidade com que os órgãos epigeus das plantas sejam eliminados.
- 2) As queimadas ou as secas agem como um fator sincronizador da floração dentro das populações, desempenhando um importante papel genético e evolutivo para estas espécies.
- 3) Provocando a floração e a reprodução sexuada de muitas espécies do estrato herbáceo subarbustivo, as queimadas ou as secas aumentam sua vitalidade. O contrário parece ocorrer com as espécies arbustivo arbóreas. Desta forma as queimadas ou as secas estimulam a expansão da flora herbáceo subarbustiva, em detrimento das arbustivo arbóreas, transformando áreas de cerrado em áreas campestres ou savanícolas.
- 4) A identidade das respostas florais tanto às queimas como à seca sugere que estes dois fenômenos naturais atuem sobre a flora herbáceo subarbustiva há longo tempo, suficiente para desenvolver e selecionar este mecanismo adaptativo.
- 5) A queimada provoca um efeito piromorfofenético de floração nas plantas e a sua reincidência determina um comportamento piroperiódico da floração.

6) A seca, seguida de um retorno ao bom suprimento hídrico, provoca um efeito hidromorfo genético de floração nas plantas e o seu ciclo anual determina um comportamento hidroperiódico de floração.

7) Em épocas pré-humanas, as diversas formas de cerrado já estavam presentes no Brasil Central, todavia sua distribuição era bem diversa da atual.

Nos períodos pluviais as formas florestais de cerrado (cerradões) se expandiam, em detrimento das formas campestres e savanícolas. Nos períodos interpluviais as formas campestres e savanícolas é que se expandiam fazendo os cerradões recuarem. Neste processo, a seca e as queimadas naturais provocadas talvez por raios, muito contribuíram, aumentando a vitalidade das espécies campestres, e diminuindo-a nas florestais.

8) Desde épocas pré-históricas o homem vem estimulando a expansão das formas campestres e savanícolas da vegetação de cerrado através de queimadas por ele provocadas, alterando a distribuição primitiva das diversas formas de vegetação oreádica, anterior à sua chegada ao Brasil Central.

VII - SUMMARY

The objective in this work was to contribute towards clarifying the ecological role played by fires on the flowering of cerrado species. To achieve this, experiments were conducted under field and laboratory conditions, using in the later case, four species from the herbaceous undergrowth strata common in the cerrados of Emas, Pirassununga, State of São Paulo, namely: *Lantana montevidensis* (Verbenaceae), *Stylosanthes capitata* (Leguminosae), *Vernonia grandiflora* (Compositae) and *Wedelia glauca* (Compositae).

Through the field experiments it was observed that:

- 1) The soil temperature during the burning period rose very little, reaching a maximum level of 74°C on the soil surface. At depths of 1, 2 and 5 cm in the soil heating was far less. The period of maximum heat lasted for only a few minutes. Within one hour the temperature levels returned to normal. On the soil surface the maximum temperature was reached when the actual flames passed over the locations where the sensors were placed.
- 2) A survey of the species in flower, conducted up to 90 days after the fires, in various localities and in different months of the year, revealed about 150 species of the herbaceous undergrowth strata, belonging to more than 90 distinct genera and more than 40 families, that demonstrated the capacity to flower a short time after fires.
- 3) In fires conducted in different months such as January ,

March, July, October and December it was verified that the flowering response of many species in the herbaceous undergrowth strata of the cerrado, after the fire, can vary according to the time of year in which it is made and according to the species under consideration.

Five different patterns of behaviour were detected:

- Group 1 - Species that rely qualitatively or quantitatively on the fires in order to flower. These respond generally with intensive flowering to fires made at any time of the year.
- Group 2 - Species that rely qualitatively or quantitatively on the fires in order to flower but only do so if fires occurred in the dry season or on short-days.
- Group 3 - Species that do not rely qualitatively or quantitatively on the fires in order to flower. With or without burning they flower in the dry season or on short-days.
- Group 4 - Species that do not rely qualitatively on the fires for flowering. Quantitatively they are hampered by the fires. Flowering occurs generally in the wet season or on long-days.
- Group 5 - Species with a pluriannual flowering cycle. Apparently they are not stimulated by fires.

The greatest number of species are within the first group.

- 4) In areas that were hoed during the dry season it was found that the pruning of the plants' epigeous organs also stimulated budding and flowering, suggesting that the action of

fires on subsequent flowering is not due to the sudden rising of the soil temperature or to the gases originating from combustion or even to nutrients contained in the ashes, but rather to the removal of older branches.

- 5) Observations made on the control strips that bordered the burnt areas and that were reached by smoke and its gases, allows one to conclude that this factor had not the capacity to induce flowering in the plants on these strips, thereby removing the hypothesis that fire could induce flowering in plants through gases originating from combustion.

The plants used in laboratory experiments, cultivated in gardens and greenhouses, were small cryptophytic undershrubs possessing underground structures of the xylod type, that present numerous dormant buds.

Anatomic studies carried out before the burning of epigeous organs and also 5, 10 and 15 days after, demonstrated that the dormant buds did not present any indication of reproductive structures already differentiated or of flowering induction. Around the tenth day after burning, structural modifications begin to show on buds that continues up to the differentiation of the reproductive organs. This data shows that the flowering of these species after burning, is the result of a morphogenetic process of flower induction and not only a distention or growth of previously differentiated structures. It is a phenomenon of pyromorphogenesis.

The various experiments conducted with potted plants demonstrated that:

- 1) Employing different methods of removing epigeous organs such

as fire, mechanical hoeing or drought, provoked by insufficient water supply, had similar results on flowering. In all cases there was a high percentage of individuals in flower. These experiments showed that the action of inducing flowering of these plants, by fire, is not through the thermal effect during burning or through the warming of the soil as a consequence of its greater exposure to the sun's rays or through greater availability of light for the buds or even yet through mineral nutrients supplied by the ashes. What really seems important is the removal of old branches and a possible flowering inhibitor contained in them.

The fact that a period of insufficient water supply, capable of causing drying and death of epigeous branches, followed by the return to the condition of good water supply, can also lead to rebudding and flowering, suggests the existence of a hydroperiodic mechanism of flowering in such species, possibly developed and selected in geological periods of more drier climate. Its adaptive advantages are obvious, for the plants would only flower and fruit after passing the dangerous period of drought. A similar fact occurs with relation to fire suggesting also a pyroperiodic mechanism.

- 2) Experiments in which potted plants were subjected to different concentrations of gases provided by the burning of grasses, gave negative results with respect to inducing flowering, confirming observations in the field.
- 3) With respect to photoperiodic sensitivity, the species investigated in the laboratory did not respond to any photoperiodic treatment, such as: 8 hrs., 12 hrs., 16 hrs., 24hrs.,

8/16 hrs. and 16/8 hrs. All of them flowered in the same manner when burnt.

In view of the results obtained in the present work, the author is of the opinion that:

- 1) The flowering phenology of many species of the herbaceous undergrowth strata can be very irregular, depending on the fortuitous removal of epigeous organs of the plants.
- 2) The fires or droughts act as a sincronizing factor for flowering within the populations, performing an important genetic and evolutionary role for these species.
- 3) By inducing flowering and sexual reproduction in many species of the herbaceous undergrowth strata, the fires or droughts increase their vitality. The opposite seems to occur with the arboreous plants. In this way the burnings or droughts enhance the expansion of the herbaceous undergrowth flora in detriment to the arboreous, transforming forest areas of cerradão in grasslands and savannas.
- 4) The convergence of flowering response to both fire and drought, suggest that these two natural phenomena have been acting upon the herbaceous undergrowth flora for a long time, sufficient to select and develop this adaptive mechanism.
- 5) The burning causes a pyromorphogenetic effect of flowering on plants and its reoccurrence determines a pyroperiodic behaviour in flowering.
- 6) Drought, followed by a return of good water supply, induces a hydromorphogenetic effect of flowering and its annual cycle determines an hydroperiodic behaviour in flowering.

- 7) In the pre-human eras, the various forms of cerrado were already present in Central Brazil, however, its distribution was far more diverse than the present one. In the pluvial periods the forest form or cerradão expanded in detriment to the grassland or savanna forms. In inter-pluvial periods the grassland or savanna forms flowerished causing the cerradão to decrease. In this process, the droughts and the natural fires, possibly caused by lightning, contributed much to increasing the vitality of grassland species and reducing the more forest types.
- 8) Since pre-historic times man has been stimulating the expansion of the grassland and savanna forms of vegetation of the cerrado through constant fires provoked by himself, thus altering the primitive distribution of the diverse forms of oradic vegetation, prior to his arrival in Central-Brazil.

VIII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A. N. & M. Costa Jr. - 1950 - Contribuição ao estudo do sudoeste goiano. *Bolm. paul. Geogr.* 4: 3-26.
- Ahlgren, Isabel F. - 1974 - The effect of fire on soil organisms. In: Kozlowski, T. T. & C. E. Ahlgren (Ed.) *Fire and Eco-systems*. Academic Press, Inc., New York, 47-72.
- Ahlgren, Isabel F. & C. E. Ahlgren - 1965 - Effects of prescribed burning on soil microorganisms in a Minnesota jack pine forest. *Ecology* 46(3): 304-310.
- Alvim, P. T. - 1954 - Teoria sobre a formação dos campos cerrados. *Revta. bras. Geogr.* 16(4): 496-498.
- Alvim, P. T. & W. A. Araujo - 1952 - El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. *Turrialba* 2(4): 153-160.
- Arens, K. - 1956 - Reasons for the occurrence of Dense Forests of Babaçu Palms in the North of Brazil. In: *18th. Int. Geogr. Congr.* R. Janeiro.
- Arens, K. - 1958 - O cerrado como vegetação oligotrófica. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 224, Botânica n° 15: 59-77.
- Arens, K. - 1963 - As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: *Ferri, M. G. (Coord.) Simpósio sobre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo, São Paulo, 285-303.

- Aristeguieta, L. - 1959 - Plantas indicadoras de incendios anuales. *Boln. Soc. venez. Cienc. nat.* XX(94): 337-347.
- Aristeguieta, L. & E. Medina - 1965 - Protección y quema de la sabana llanera. *Boln. Soc. venez. Cienc. nat.* 26(109) : 129-139.
- Aubrèville, A. - 1961 - *Étude Écologique des Principales Formations Végétales du Brésil*. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France, 268 pgs. ilustr.
- Ávila-Pires, F. D. - 1966 - Observações Gerais sôbre a Mastozoo-
logia do Cerrado. *Anais Acad. bras. Ciênc.* 38(suplemen-
to): 331-340.
- Bagnouls, F. & H. Gaussen - 1957 - Les climats biologiques et leur classification. *Annls Gēogr.* 66(355): 193-220.
- Bartlett, H. H. - 1956 - Fire, Primitive Agriculture and Grazing in Tropics. In: Thomas, W. L. (Ed.) *Man's Role in Changing the Face of the Earth*. The University of Chicago Press, Chicago, 692-720.
- Bates, M. - 1948 - Climate and vegetation in the Villa Vicencio Region of Eastern Colombia. *Geogr. Rev.* 38(4): 555-574.
- Beadle, N. C. W. - 1940 - Soil temperatures during fires & their effect. *J. Ecol.* 28: 180-192.
- Beard, J. S. - 1949 - Brazilian Campo Cerrado: fire climax or edaphic climax. *Geogr. Rev.* 39(4): 664-666.

- Beard, J. S. - 1953 - The savanna vegetation of northern tropical America. *Ecol. Monogr.*, Pietermaritzburg - South Africa, 23: 149-215.
- Beard, J. S. - 1955 - The classification of tropical American vegetation types. *Ecology* 36(1): 89-100.
- Berger, R. & W. F. Libby - 1966 - UCLA Radiocarbon Dates V. Radiocarbon 8: 467-497.
- Bews, J. W. - 1929 - *The World's grasses*. London.
- Biot, P. - 1965 - *Les formations végétales du globe*. Société d'Éditions d'Enseignement Supérieur. Paris, 508 pgs, illustr.
- Blydenstein, J. - 1963 - Cambios en la vegetación despues de protección contra el fuego, Parte I. *Boln. Soc. venez. Cienc. nat.* XXIII(103): 233-238.
- Blydenstein, J. - 1967 - Tropical savanna vegetation of the llanos of Colombia. *Ecology* 48(1): 1-15.
- Blydenstein, J. - 1968 - Burning and Tropical American Savannas. *Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conf.* 8: 1-14.
- Boscan, V. C. G. - 1967 - Efectos del fuego sobre la reproducción de algunas plantas de los llanos de Venezuela. *Boln. Soc. venez. Cienc. nat.* XXVII(111): 70-103.
- Bouillene, R. - 1930 - Un voyage botanique dans le Bas-Amazone. In: *Une Mission Biologique Belge au Brésil*, T. II, Imprimerie Medicale et Scientifique, Bruxelles, 1-185.

- Bourlière, F. & M. Hadley - 1970 - The ecology of tropical savannas. *A. Rev. Ecol. System.* 1: 125-152.
- Braga de Andrade, Maria A., Mercedes Rachid Edwards & M. G. Ferri - 1957 - Informações sôbre a transpiração de duas gramíneas frequentes no cerrado. *Revta. bras. Biol.* 17(3) : 317-324.
- Budowski, G. - 1956 - Tropical savannas, a sequence of forest felling and repeated burning. *Turrialba* 6(1 e 2): 23-33 .
- Budowski, G. - 1966 - Fire in Tropical American Lowlands Areas . *Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conf.* 5: 5-22.
- Buechner, H. K. & H. C. Dawkins - 1961 - Vegetation change by elephants and fire in Murchison Falls National Park, Uganda. *Ecology* 42(4): 752-766.
- Cable, D. R. - 1972 - Fire effects in Southwestern Semidesert Grass-Shrub Communities. *Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conf.* 12: 109-127.
- Cesar, J. & J. C. Menaut - 1974 - Analyse d'un ecosysteme tropical humide: la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) - Le peuplement végétal. *Bull. Liaison des Chercheurs de Lamto* . N° spécial Fascicule II, 161 pgs. ilustr.
- Cole, Monica M. - 1958 - A savana brasileira. *Bolm. carioca Geogr.* XI(1 e 2): 5-52.

- Cole, Monica M. - 1959 - The distribution and origin of the savanna vegetation with particular reference to the campos cerrados of Brasil. In: *18th. Int. Geogr. Congr. R. Janeiro*, 339-345.
- Cole, Monica M. - 1960 - Cerrado, caatinga and pantanal: the distribution and origin of the savanna vegetation of Brazil. *Geogr. J.*, London, 126(2): 168-179.
- Cooper, C. F. - 1961 - The ecology of fire. *Scient. Am.* 204(4) : 150-160.
- Coutinho, L. M. - 1962 - Contribuição ao conhecimento da ecologia da mata pluvial tropical. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 257, Botânica nº 18: 1-219.
- Coutinho, L. M. & A. Lamberti - 1971 - Algumas informações sobre a análise de solo sob mata de terra-firme e mata de igapô. *Ciênc. Cult.*, São Paulo, 23(5): 601-603.
- Coutinho, L. M. & Yara Struffaldi - 1972 - Teor de proteína, cinzas, N, P, K, Ca e Na em unidades de dispersão de Leguminosas dos cerrados. *Phyton*, B. Aires, 29(1 e 2): 25-36.
- Curry-Lindahl, K. - 1968 - Zoological aspects on the conservation in tropical Africa. In: Hedberg, Inga & O. Hedberg (Ed.) *Conservation of Vegetation in Africa South of the Sahara*, *Acta phytogeogr. suec.* 54: 25-32.
- Curtis, J. T. & M. L. Partch - 1950 - Some factors affecting flower production in *Andropogon gerardi*. *Ecology* 31(3) : 488-489.

- Dansereau, P. - 1957 - *Biogeography, an ecological perspective*. The Ronald Press Company, New York, 394 pgs. ilustr.
- Daubenmire, R. F. - 1968 - *Plant Communities: A Textbook of Plant Synecology*. Harper & Row, New York 300 pgs. ilustr.
- Day, G. M. - 1953 - The indian as an ecological factor in the Northeastern forest. *Ecology* 34(2): 329-346.
- Dobrizhoffer, M. - 1822 - *An Account of the Abipones, an Equestrian People of Paraguay*. John Murray, London.
- Eden, M. - 1967 - The effect of changing fire conditions on the vegetation of the Estación Biológica de los Llanos, Calabozo. *Boln. Soc. venez. Cienc. nat.* XXVII(111): 104-113.
- Eiten, G. - 1963 - Habitat flora of Fazenda Campininha, São Paulo, Brazil. In: Ferri, M. G. (Coord.) *Simpósio sobre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo, São Paulo, 179-231.
- Eiten, G. - 1968 - Vegetation forms. *Bolm. Inst. Botânica, São Paulo*, 4: 1-88.
- Eiten, G. - 1970 - A vegetação do Estado de São Paulo. *Bolm. Inst. Botânica, São Paulo*, 7: 1-147.
- Eiten, G. - 1972 - The cerrado vegetation of Brazil. *Bot. Rev.* 38(2): 201-341.
- Eneroth, O. - 1933 - The influence of ash of burned slash on the germination of conifer seed and the early development of seedlings. *Biol. Abstr.* 7:4124.

- Eyre, S. R. - 1968 - *Vegetation and Soils*, 2nd. Ed. Aldine Publishing. Comp., Chicago, 328 pgs. ilustr.
- Felippe, G. M., Neide M. C. Lucas & Ana M. Giulietti - 1971 - Estudos de floração em *Porophyllum lanceolatum* DC. I - Efeito do fotoperíodo na floração. *Hoehnea* 1: 21-27.
- Ferri, M. G. - 1943 - Observações sôbre Lagoa Santa. *Ceres* 4 (21): 1-16.
- Ferri, M. G. - 1944 - Transpiração de plantas permanentes dos "cerrados". *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* XLI, Botânica nº 4: 155-224.
- Ferri, M. G. - 1955 - Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 195, Botânica nº 12: 1-170.
- Ferri, M. G. - 1960 - Nota preliminar sôbre a vegetação do cerrado em Campo do Mourão (Paraná). *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 247, Botânica nº 17: 109-115.
- Ferri, M. G. - 1963a - Histórico dos trabalhos botânicos sôbre o cerrado. In: Ferri, M. G. (Coord.) *Simpósio sôbre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo, São Paulo, 15-50.
- Ferri, M. G. - 1963b - (Coord.) *Simpósio sôbre o Cerrado*. 1a. impr. Ed. Univ. S. Paulo, 424 pgs. ilustr.
- Ferri, M. G. - 1971a - Modificação do hábito floral de *Cochlospermum regium* (Mart.) Pilger. In: Ferri, M. G. (Coord.) *III Simpósio sôbre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo e Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 164-166.

- Ferri, M. G. - 1971b - O habitus tortuoso das árvores dos cerrados. (trabalho apresentado no III Simpósio sobre o Cerrado).
- Ferri, M. G. - 1971c - (Coord.) *III Simpósio sobre o Cerrado*. Ed. Edgard Blücher e Ed. Univ. S. Paulo, São Paulo, 239 pgs. ilustr.
- Ferri, M. G. - 1973 - Ecological problems in Latin America. In : Adrian M. (Ed.) *Genes, Enzymes and Populations*, Srb. Plenum Publish. Corp., New York, 5-24.
- Ferri, M. G. - 1974 - *Ecologia: temas e problemas brasileiros*. Ed. Univ. S. Paulo e Livr. Itatiaia Ed. Ltda., Belo Horizonte, 206 pgs. ilustr.
- Ferri, M. G. & L. M. Coutinho - 1958 - Contribuição ao conhecimento da Ecologia do Cerrado. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 224, Botânica nº 15: 101-150.
- Fittkau, E. J. - 1969 - The fauna of South America. In: Fittkau, E. J., J. Illies, H. Klinge, G. H. Schwabe & H. Sioli (Ed.) *Biogeography and Ecology in South America*. Dr. W. Junk N. V. Publish., The Hague, vol. 2: 624-658.
- Fries, R. E. - 1908 - K. Sv. Vet. - *Akad. Handl.* Bd. 42, S. 15.
- Garren, K. H. - 1943 - Effects of fire on vegetation of the south eastern United States. *Bot. Rev.* 9(9): 617-654.
- Gillet, H. - 1967 - *J. A. T. B. A.*, 132 pgs.

- Golley, F. B. - 1972 - Energy flux in Ecosystems. In: Wiens, J. A. (Ed.) *Ecosystem Structure and Function*, Oregon State Univ. Press, 69-90.
- Goodland, R. J. A. - 1965 - The Rupununi Savanna. *J. Br. Guiana Mus.* 41: 15-23.
- Goodland, R. J. A. - 1966 - On the savanna vegetation of Calabozo, Venezuela and Rupununi, British Guiana. *Boln. Soc. venez. Cienc. nat.* XXVI(110): 341-359.
- Goodland, R. J. A. - 1969 . An Ecological Study of the Cerrado Vegetation of South Central Brasil. McGill University , Montreal, Canadá, 224 pgs. (tese mimeografada).
- Goodland, R. J. A. - 1971a - A physiognomic analysis of the "cerrado vegetation" of Central Brasil. *J. Ecol.* 59(2): 411-419.
- Goodland, R. J. A. - 1971b - Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: Ferri, M. G. (Coord.) *III Simpósio sobre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo e Ed. Edgard Blücher, São Paulo , 44-60.
- Goodland, R. J. A. & A. Pollard - 1973 - The Brazilian Cerrado Vegetation: a Fertility Gradient. *J. Ecol.* 61(1): 219-224.
- Grisi, B. M. - 1971 - Estudo comparativo do balanço hídrico de *Ouratea spectabilis* (Mart.) Engl. em diferentes condições ecológicas. Depto. Botânica, Inst. Biociências, Univ. S. Paulo, São Paulo, 82 pgs. (tese mimeografada).

- Grisebach, A. H. R. - 1876 - *La Végétation du Globe - d'après sa disposition suivant les climats*. vol. I e II. Guérin, L. et Cie. (Ed.), Paris, 765 + 905 pgs. (Trad. de *Die Vegetation der Erde*, Leipzig, 1872).
- Hadley, E. B. & Barbara J. Kieckhefer - 1963 - Productivity of two prairie grasses in relation to fire frequency. *Ecology* 44(2): 389-395.
- Hardy, F. - 1945 - The soils of South America. In: Verdoorn, F. (Ed.) *Plants and Plant Science in Latin America*, The Chronica Botanica Company, Waltham, Mass., 2: 322-326.
- Harris, T. M. - 1958 - Forest fire in the Mesozoic. *J. Ecol.* 46(2): 447-453.
- Heringer, E. P. - 1971 - Propagação e sucessão de espécies arbóreas do cerrado em função do fogo, do cupim, da capina e do aldrim (inseticida). In: Ferri, M. G. (Coord.), *III Simpósio sobre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo e Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 167-179.
- Hoehne, F. C. - 1923 - *Phytophysionomia do Estado de Matto-Grosso*. Comp. Melhoramentos de São Paulo, São Paulo, 104 pgs. ilustr.
- Hopkins, B. - 1962 - Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria. I - General features of the reserve and the research sites. *J. Ecol.* 50(3): 559-598.

- Horton, J. S. & C. J. Kraebel - 1955 - Development of vegetation after fire in the Chamise Chaparral of Southern California. *Ecology* 36(2): 244-262.
- Hubbard, J. C. E. - 1970 - Effects of cutting and seed production in *Spartina anglica*. *J. Ecol.* 58(2): 329-334.
- Hueck, K. - 1957 - Sobre a origem dos campos cerrados no Brasil e algumas novas observações no limite meridional. *Revta. bras. Geogr.* XIX(1): 67-82.
- Hueck, K. - 1972 - *As florestas da América do Sul*. Ed. Univ. Brasília e Ed. Polígono S.A., São Paulo, 466 pgs. ilustr. (Trad. de *Die Wälder Südamerikas*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1966).
- Hugues, R. H. - 1966 - Fire Ecology of Canebrakes. *Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conf.* 5: 149-158.
- Hulbert, L. C. - 1969 - Fire and litter effects in undisturbed bluestem prairie in Kansas. *Ecology* 50(5): 874-877.
- Hurt Jr., W. R. & O. Blasi - 1969 - O projeto arqueológico "Lagoa Santa", Minas Gerais, Brasil (Nota final). *Arq. Mus. paranaense*, n.s., *Arqueologia* 4, 68 pgs. ilustr.
- Jackson, J. K. - 1956 - The vegetation of the Imatong mountains, Sudan. *J. Ecol.* 44(2): 341-374.
- Jaeger, P. & J. G. Adam - 1967 - Sur le mécanisme d'action des feux de brousse en prairie d'altitude (Monts Loma, Sierra-Leone). *C. r. Acad. Sci., Paris, sér. D*, 264: 1428 - 1430.

- Jeffreys, M. D. W. - 1951 - Feux de Brousse. *Bull. Inst. fr. Afr. noire* 13(3): 682-710.
- Joly, A. B. - 1950 - Estudo fitogeográfico dos campos de Butan - tã (São Paulo). *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* CIX, Botânica nº 8: 1-83.
- Keay, R. W. I. - 1951 - Some notes on the ecological status of savannah vegetation in Nigeria. In: *Management and Conservation of vegetation in Africa*, *Bull. Commonw. Bur. Past. Fld. Crops* 41: 57-68.
- Kelting, R. W. - 1957 - Winter burning in central Oklahoma grass land. *Ecology* 38(3): 520-522.
- Killick, D. J. B. - 1963 - An account of the plant ecology of the Cathedral Peak area of Natal Drakensberg. *Bot. Surv. S-Africa*, Pretoria, 34.
- Komarek, E. V. - 1964 - The Natural History of Lightning. *Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conf.* 3: 139-183.
- Komarek, E. V. - 1966 - The Meteorological Basis for Fire Ecology. *Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conf.* 5: 85-125.
- Komarek, E. V. - 1968 - Lightning and Lightning Fires as Ecological Forces. *Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conf.* 8 : 169-197.
- Komarek, E. V. - 1972 - Lightning and Fire Ecology in Africa . *Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conf.* 11: 473-511.
- Köppen, W. - 1948 - Climatologia. Fondo de Cultura Economica, B. Aires, 478 pgs. ilustr. (Trad. de *Grundriss der Klimakunde* 1923).

- Kucera, C. L. & J. H. Ehrenreich - 1962 - Some effects of annual burning on central Missouri prairie. *Ecology* 43(2): 334 - 336.
- Kuhnoltz-Lordat, G. - 1938 - *La terre incendiée*. Éditions de la Maison Carrée, Ateliers Bruguiier, Nimes 361 pgs. ilustr.
- Kuhlmann, E. - 1952 - Vegetação Campestre do Planalto Meridional do Brasil. *Revta. bras. Geogr.* XIV(2): 181-198.
- Labouriau, L. F. G. - 1963 - Problemas da fisiologia ecológica dos cerrados. In: Ferri, M. G. (Coord.) *Simpósio sobre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo, São Paulo, 233-276.
- Labouriau, L. F. G. - 1966a - (Editor) *II Simpósio sobre o Cerrado*. *Anais Acad. bras. Ciênc.* 38(suplemento), Rio de Janeiro, 346 pgs. ilustr.
- Labouriau, L. F. G. - 1966b - Revisão da situação da ecologia vegetal nos cerrados. In: Labouriau, L. F. G. (Ed.) *II Simpósio sobre o Cerrado*, *Anais Acad. bras. Ciênc.* 38(suplemento): 5-38.
- Lemée, G. - 1967 - *Précis de Biogéographie*. Masson & Cie., (Ed.) Paris 358 pgs. ilustr.
- Lemon, P. C. - 1949 - Successional responses of herbs in the longleafslash pine forest after fire. *Ecology* 30(2): 135-145.
- Lemon, P. C. - 1968 - Effects of fire on an African plateau grassland. *Ecology* 49(2): 316-322.

- Little, S. & E. B. Moore - 1949 - The ecological role of prescribed burns in the pine-oak forests of southern New Jersey. *Ecology* 30(2): 223-233.
- Lloyd, P. S. - 1968 - The ecological significance of fire in limestone grassland communities of the Derbyshire Dales. *J. Ecol.* 56(3): 811-826.
- Lloyd, P. S. - 1971 - Effects of fire on the chemical status of herbaceous communities of the Derbyshire Dales. *J. Ecol.* 59(1): 261-273.
- Lloyd, P. S. - 1972 - Effects of fire on a Derbyshire grassland community. *Ecology* 53(5): 915-920.
- Löfgren, A. - 1890 - Contribuição para a botânica paulista. - Região campestre. *Bol. da Comissão Geographica e Geologica do Estado de São Paulo* 5: 157-205.
- Löfgren, A. - 1898 - Ensaio para uma distribuição dos vegetaes nos diversos grupos florísticos no Estado de São Paulo. *Bolm. da Comissão Geographica e Geologica de São Paulo* 11, 2a. ed., 1-50 (Reproduzido em Eiten, 1970).
- Ludwig, J. W. & J. L. Harper - 1958 - The influence of the environment on seed and seedling mortality. VII - The influence of soil colour. *J. Ecol.* 46(2): 381-389.
- Lund, P. W. - 1837 - Bemaerkninger over Vegetationen paa de indre høisletter af Brasilien. *Vid. Sel. phys. og mathem. Skr.* VI Deel. 147-188.

- Lundell, C. L. - 1937 - *The vegetation of Pet̄n*. Carnegie Inst. of Washington, Wash. DC, 243 pgs. ilustr.
- Magalhães, G. M. - 1966 - *Sobre os cerrados de Minas Gerais*. In: Labouriau, L. F. G. (Ed.) *II Simpósio sobre o Cerrado*. *Anais Acad. bras. Ciênc.* 38(suplemento): 59-69.
- Malme, G. O. - 1903/4 - *Beiträge zur Kenntnis der südamerikanischen Aristolochiaceen*. *Ark. Bot.* 1: 521-551.
- Malme, G. O. - 1904a - *Die Umbelliferen der zweiten Regnel'schen Reise*. *Ark. Bot.* 3(13): 1-22.
- Malme, G. O. - 1904b - *Die Gentianaceen der zweiten Regnel'schen Reise*. *Ark. Bot.* 3(12): 1-23.
- Malme, G. O. - 1905/6a - *Die Bauhinien von Matto Grosso*. *Ark. Bot.* 5(5): 1-15.
- Malme, G. O. - 1905/6b - *Die Vochysiaceen Matto Grosso*. *Ark. Bot.* 5(6): 1-12.
- Malme, G. O. - 1924 - *Beiträge zur Kenntnis der Cerrados-Bäume von Matto Grosso*. *Ark. Bot.* 18(17): 1-26.
- Malme, G. O. - 1928 - *Die Apozynaceen der zweiten Regnelschen Reise*. *Ark. Bot.* 21A(6): 1-21.
- Malme, G. O. - 1931 - *Die Leguminosen der zweiten Regnelschen Reise*. *Ark. Bot.* 23A(13): 1-99.
- Malme, G. O. - 1932a - *Die Compositen der zweiten Regnelschen Reise. I - Rio Grande do Sul*. *Ark. Bot.* 24A(6): 1-89.

- Malme, G. O. - 1932b - Die Compositen der zweiten Regnelschen Reise. II . Matto Grosso, III . Puente del Inca und Las Cuevas. *Ark. Bot.* 24A(8): 1-66.
- Malme, G. O. - 1940 - Die Queimada-Pflanzen Matto -Grossos. *Ark. Bot.* 29A(5): 1-15.
- Martius, C. F. Ph. von - 1951 - A fisionomia do reino vegetal no Brasil. *Bolm. Geogr. Rio de J.*, 8(95): 1294-1311 - (Trad. de *Die Physiognomie der Pflanzenreiches in Brasilien*, Akad. Wiss. München, 1824).
- McClung, A. C. & Freitas, L. M. M. - 1959 - Sulphur deficiency in soils from Brazilian campos. *Ecology* 40(2): 315-317.
- Meguro, Marico - 1969 - Fatôres que regulam a floração em *Imperata brasiliensis* Trin. (Gramineae). *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 331, Botânica nº 24: 103-126.
- Mendes, J. C. - 1970 - *Conheça a prē-história brasileira*. Ed. Univ. S. Paulo e Ed. Polígono, São Paulo, 172 pgs. ilustr.
- Menezes, Nanuza L., W. Handro & J. F. B. M. Campos - 1969 - Estudos anatômicos em *Pfaffia jubata* Mart.. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 331, Botânica nº 24: 195-238.
- Michelmores, A. P. G. - 1939 - Observations on tropical African grasslands. *J. Ecol.* 27: 282-312.
- Mueller-Dombois, D. & H. Ellenberg - 1974 - *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons, New York, 547 pgs. ilustr.

- Mukerjee, H. N. - 1954 - Improvement of soil fertility by the application of heat. *Proc. Bihar. Acad. Agric. Sci.* 2 : 1-30.
- Myers, J. G. - 1936 - Savannah and forest vegetation of the interior Guiana Plateau. *J. Ecol.* 24: 162-184.
- Odum, E. P. - 1969 - *Ecologia*. Livr. Pioneira Ed. e Ed. Univ. S. Paulo, São Paulo, 201 pgs. ilustr. (Trad. de *Ecology*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1963).
- Old, Sylvia M. - 1969 - Microclimates, fire, and plant production in an Illinois prairie. *Ecol. Monogr.* 39: 355-384.
- Oosting, H. J. - 1956 - *The study of Plant Communities*, 2nd. ed.. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 440 pgs. ilustr.
- Ozenda, P. - 1964 - *Biogéographie végétale*. Éditions Doin, Paris, 374 pgs. ilustr.
- Penfound, W. T. & R. W. Kelting - 1950 - Some effects of winter burning on a moderately grazed pasture. *Ecology* 31(4) : 554-560.
- Phillips, J. F. V. - 1968 - The influence of fire in Trans-Saharan Africa. In: Hedberg, Inga & O. Hedberg (Ed.) *Conservation of Vegetation in Africa South of the Sahara*, *Acta phytogeogr. suec.* 54: 13-20.
- Pilger, R. - 1901 - Beiträge zur Flora von Matto Grosso. *Bot. Jahrb. Engl.*, 30: 1-14.

- Pitot, A. & H. Masson - 1951 - Quelques données sur la température au cours des feux brousse aux environs de Dakar .
Bull. Inst. fr. Afr. noire 13(3): 711-732.
- Rachid, Mercedes - 1947 - Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos campos cerrados de Emas. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo*, LXXX, Botânica nº 5: 1-140.
- Rachid-Edwards, Mercedes - 1956 - Alguns dispositivos para proteção de plantas contra a seca e o fogo. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* 219, Botânica nº 13: 35-68.
- Raunkiaer, C. - 1934 - *The life forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford Clarendon Press, Oxford, 632 pgs. ilustr.
- Rawitscher, F. - 1942a - Algumas noções sobre a transpiração e o balanço d'água de plantas brasileiras. *Anais Acad. bras. Ciênc.* 14(1): 7-36.
- Rawitscher, F. - 1942b - Problemas de fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil meridional. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* XXVIII, Botânica nº 3: 3-111.
- Rawitscher, F. - 1944 - Problemas de fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil meridional. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo* XLI, Botânica nº 4: 5-224.
- Rawitscher, F. - 1946 - Die Erschöpfung tropischer Böden infolge Entwaldung. *Acta Trop.* 3(3): 211-241.

- Rawitscher, F. - 1948 - The water economy of the vegetation of the "Campos cerrados" in Southern Brazil. *J. Ecol.* 36 (2): 236-268.
- Rawitscher, F. - 1949 - Balance de agua de la vegetación de los campos cerrados del Brasil meridional y su significado para la ecología de la región. *Cienc. Invest.*, B. Aires 5(3-4): 107-116.
- Rawitscher, F. - 1951a - O problema das savanas brasileiras e das savanas em geral. *Bolm. Geogr.*, Rio de J., IX(105): 887-893.
- Rawitscher, F. - 1951b - Novos ensinamentos da Ecologia Tropical. *Ciênc. Cult.*, São Paulo, 3(4): 232-242.
- Rawitscher, F., M. G. Ferri & Mercedes Rachid - 1943 - Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil meridional. *Anais Acad. bras. Ciênc.* XV(4): 267-294.
- Rawitscher, F. & Mercedes Rachid - 1946 - Troncos subterrâneos de plantas brasileiras. *Anais Acad. bras. Ciênc.* XVIII (4): 261-280.
- Reyes-Zumeta, H. - 1972 - Economia d'água de leguminosas do cerrado. Depto. Botânica, Inst. Biociências, Univ. S. Paulo, São Paulo, 322 pgs. (tese mimeografada).
- Richards, P. W. - 1952 - *The Tropical Rain Forest*. Cambridge University Press, 450 pgs. ilustr.

- Richardson, W. D. - 1963 - Observation on the vegetation and ecology of the Aripo savannas, Trinidad. *J. Ecol.* 51(2) : 295-313.
- Rizzini, C. T. - 1963a - Nota prévia sôbre a divisão fitogeográfica do Brasil. *Revta. bras. Geogr.*, XXV(1): 1-64.
- Rizzini, C. T. - 1963b - A flora do Cerrado - análise florística das savanas centrais. In: Ferri, M. G. (Coord.) *Simpósio sôbre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo, São Paulo, 125-177.
- Rizzini, C. T. - 1971a - Sôbre alguns aspectos do cerrado. *Bolm. Geogr.*, Rio de J., 29(218): 48-66.
- Rizzini, C. T. - 1971b - Sôbre as principais unidades de dispersão do cerrado. In: Ferri, M. G. (Coord.) *III Simpósio sôbre o Cerrado*, Ed. Univ. S. Paulo e Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 117-132.
- Rizzini, C. T. & E. P. Heringer - 1961 - Underground organs of plants from some southern Brazilian savannas, with special reference to the xylopodium. *Phyton*, B. Aires, 17(1): 105-124.
- Rizzini, C. T. & E. P. Heringer - 1962a - Studies on the Underground Organs of Trees and Shrubs from some Southern Brazilian Savannas. *Anais Acad. bras. Ciênc.* 34(2): 235-247.

- Rizzini, C. T. & E. P. Heringer - 1962b - *Preliminares acêrca das formações vegetais e do reflorestamento no Brasil Central*. Serviço de Informação Agrícola, Min. Agricultura, Rio de Janeiro, 79 pgs.
- Rizzini, C. T. & E. P. Heringer - 1966 - Estudo sôbre os sistemas subterrâneos difusos de plantas campestres. In: Labouriau, L. F. G. (Ed.) *II Simpósio sôbre o Cerrado, Anais Acad. bras. Ciênc.* 38(suplemento): 85-112.
- Romariz, Dora A. - 1972 - A vegetação. In: Azevedo, A. (Dir.) *Brasil, a terra e o Homem I*, 2a. ed., Comp. Edit. Nacional, 521-572.
- Rouse, I. & J. M. Cruxent - 1963 - Some Recent Radiocarbon Dates for Western Venezuela. *Am. Antiq.* 28: 537-540.
- Rubin, M. & S. M. Berthold - 1961 - U.S. Geological Survey Radiocarbon Dates. VI. *Radiocarbon*, New Haven, 3: 86-98.
- Saint-Hilaire, A. - 1824 - *Histoire des plantes les plus remarquables du Brésil et du Paraguay*, I., A. Belin Imprimeur-Libraire, Paris (Reproduzido em Verdoorn, F. (Ed.), *Waltham. Mass., Publish, The Chronica Botanica Company* X (1): 23-61, 1946, com introdução por Anna Jenkins).
- Saint-Hilaire, A. - 1937 - *Viagem às nascentes do Rio São Francisco e pela Província de Goyaz*, I e II. Coleção Brasileira sér. 5a. vol. 78, Comp. Ed. Nacional, 341 + 306 pgs. (Trad. de *Voyages dans l'interieur du Brésil*, III partie - *Voyage aux sources du Rio S. Francisco et dans la Province de Goyaz*, 1847).

- Salgado-Labouriau, Maria L. - 1973 - *Contribuição à palinologia dos cerrados*. Ed. Acad. bras. Ciênc. Rio de Janeiro, 291 pgs. ilustr.
- Sampaio, A. J. - 1945 - *Fitogeografia do Brasil*. 3a. ed., Comp. Ed. Nacional, São Paulo, 372 pgs. ilustr.
- San José, J. J. & M. R. Fariñas - 1971 - Estudio sobre los cambios de la vegetación protegida de la quema y el pastoreo en la Estación Biológica de los Llanos. *Boln. Soc. venez. Cienc. nat.* XXIX(119 e 120): 136-146.
- San José, J. J. & E. Medina - 1975 - Effect of fire on organic matter production and water balance in a tropical savanna. In: Golley, F. B. & E. Medina (Ed.) *Tropical Ecological Ecosystems*, Springer-Verlag, Berlin, 251-264.
- Savostin, P. - 1962 - Efectos de las quemadas en las propiedades de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. Primera Asamblea Nacional de Conservación de los Recursos Naturales Renovables, nº 103, Caracas, 21 pgs. mimeografadas.
- Schimper, A. F. W. - 1898 - *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*. Verlag von Gustav Fischer, Jena, 876 pgs. ilustr.
- Schnell, R. - 1971 - Introduction a la Phytogeographie des Pays Tropicaux. I e II. Gauthier-Villars Éditeur. Paris, 951 pgs. ilustr.

- Schwabe, G. H. - 1968 - Towards an Ecological Characterization of the South American Continent. In: Fittkau, E. J., J. Illies, H. Klinge, G. H. Schwabe & H. Sioli (Ed.) *Biogeography and Ecology in South America*, Dr. W. Junk N. V. Publish., The Hague, vol. I, 113-136.
- Setzer, J. - 1967 - Impossibilidade do uso racional do solo no Alto Xingu, Mato Grosso. *Revta. bras. Geogr.* 29(1): 102-109.
- Sick, H. 1966 - As aves do cerrado como fauna arborícola. *Anais Acad. bras. Ciênc.* 38(2): 355-363.
- Smith, L. B. - 1945 - The vegetation of Brazil. In: Verdoorn, F. (Ed.) *Plants and Plant Science in Latin America*, Waltham, Mass. Publish. The Chronica Botanica Company, 297-302.
- Snedecor, G. W. & W. G. Cochran - 1967 - *Statistical Methods*. The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, 593 pgs. ilustr.
- Sternberg, H. O. R. - 1968 - Man and Environmental Change in South America. In: Fittkau, E. J., J. Illies, H. Klinge, G. H. Schwabe & H. Sioli (Ed.) *Biogeography and Ecology in South America* Dr. W. Junk N. V. Publish., The Hague, vol. I, 413-445.
- Stewart, O. C. - 1951 - Burning and Natural Vegetation in the United States. *Geogr. Rev.* 41(2): 317-320.

- Stewart, O. C. - 1956 - Fire as the First Great Force Employed by Man. In: Thomas, W. L. (Ed.) *Man's Role in Changing the Face of the Earth*. The University of Chicago Press, Chicago, 115-133.
- Stone, E. C. - 1951 - The stimulative effect of fire on the flowering of the golden Brodiaea (*Brodiaea ixioides* Wats. var. *Lugens* Jeps). *Ecology* 32(3): 534-537.
- Stone, E. C. & G. Juhren - 1951 - The effect of fire on the germination of the seed of *Rhus ovata* Wats.. *Am. J. Bot.* 38: 368-372.
- Takeuchi, M. - 1960 - A estrutura da vegetação da Amazônia. II - As savanas do Norte da Amazônia. *Bolm. Mus. par. "Emílio Goeldi"* n.s., Botânica nº 7: 1-14.
- Tamayo, F. - 1962 - Adaptaciones de la vegetación pirofila. *Boln. Soc. venez. Cienc. nat.* XXIII(101): 49-58.
- Taubert, P. - 1895 - Beiträge zur Kenntnis der Flora des centralbrasilianischen Staates Goyaz. *Bot. Jahrb. Engl.* 21 : 413-457.
- Tricart, J. & A. Cailleux - 1965 - *Traité de Géomorphologie*. T. V - *Le Modelé des régions chaudes, forêts et savanes*. Société d'Édition D'Enseignement Supérieur, Paris, 322 pgs. illustr.
- Usteri, A. - 1911 - *Flora der Umgebung der Stadt São Paulo in Brasilien*. Verlag von Gustav Fischer, Jena, 271 pgs. illustr.

- Vareschi, V. - 1962 - La quema como factor ecológico en los llanos. *Boln. Soc. venez. Cienc. nat.* XXIII(101): 9-26.
- Viosca, P. - 1931 - Spontaneous combustion in the marshes of Southern Louisiana. *Ecology* 12: 439-442.
- Viro, P. J. - 1974 - Effects of forest fire on soil. In: Koslowski, T. T. & C. E. Ahlgren (Ed.) *Fire and Ecosystems*, Academic Press, Inc., New York, 7-45.
- Vorpahl, J. A., J. G. Sparrow & E. P. Ney - 1970 - Satellite observations of lightning. *Science* 169(3948): 860-862.
- Zerries, O. - 1968 - The South American indians and their culture. In: Fittkau, E. J., J. Illies, H. Klinge, G. H. Schwabe & H. Sioli (Ed.) *Biogeography and Ecology in South America*, Dr. W. Junk N. V. Publish, The Hague, vol. I, 329-388.
- Waibel, L. - 1948 - Vegetation and land use in the Planalto Central of Brasil. *Geogr. Rev.* 38(4): 529-554.
- Walter, H. - 1939 - Oekologische Untersuchungen in Deutsch-Südwestafrika und ihre Bedeutung für die Farmwirtschaft. *Ber. dt. bot. Ges.* 57 (1. Generalversammlungs-Heft) : 53-77.
- Walter, H. - 1967 - Das Feuer als natürlicher klimatischer Faktor. *Aquilo*, ser. Botanica T. 6: 113-119.
- Walter, H. - 1971 - *Ecology of tropical and subtropical vegetation*. Oliver & Boyd, Edinburgh, 539 pgs. ilustr.

- Walter, H. - 1973 - *Die Vegetation der Erde in Öko-physiologischer Betrachtung*. Gustav Fischer Verlag, Jena, vol. I , 3. Auflage, 743 pgs. ilustr.
- Walter, H. & H. Lieth - 1960 - *Klimadiagramm-Weltatlas*, VEB Verlag Gustav-Fischer, Jena.
- Warming, E. - 1908 - *Lagoa Santa - Contribuição para a Geographia phytobiologica*. Belo Horizonte, 284 pgs. ilustr . (Trad. de *Lagoa Santa - et Bidrad til den biologiske Plantegeographi*, Kjobenhavn, 1892). Reproduzido em Warming, E. e M. G. Ferri - 1973 - *Lagoa Santa e A vegetação de Cerrados brasileiros*, Ed. Univ. S. Paulo e Livr. Itatiaia Ed. Ltda., Belo Horizonte 386 pgs. ilustr.
- Weaver, J. E. & N. W. Rowland - 1952 - Effects of excessive natural mulch on development, yield, and structure of native grassland. *Bot. Gaz.* 114(1): 1-19.
- Went, F. W., G. Juhren & M. C. Juhren - 1952 - Fire and biotic factors affecting germination. *Ecology* 33(3): 351-364.
- Wettstein, R. R. von - 1970 - *Aspectos da Vegetação do Sul do Brasil*. Ed. Univ. S. Paulo e Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 126 pgs. ilustr. (Trad. de *Vegetationsbilder aus Südbrasilien*, Franz Denticke. Leipzig , 1904).
- Wymstra, T. A. & Van der Hammen, T. - 1966 - Palynological data on the history of tropical savannas in northern South America. *Leid. Geol. Meded.* 38: 71-90.

