



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL

PRODUÇÃO PRIMÁRIA E SUAS RELAÇÕES COM FATORES AMBI-  
ENTAIS EM PASTAGEM ARTIFICIAL E CAMPO SUJO DE CERRADO,  
QUEIMADO E NATURAL

Maria Lucia Meirelles

Dissertação apresentada ao Departamento  
de Biologia Vegetal, da Universidade de  
Brasília, como requisito parcial à obtenção  
do Grau de Mestre em Ecologia.

Brasília  
1981

19

Trabalho realizado junto ao Departamento de Biologia Vegetal, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, sob a orientação, do Professor Colin Edward Johnson, com o suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o apoio institucional da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA / Centro de pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC.

Aprovado por

---

Colin Edward Johnson

---

M. Haridasan

---

Luiz Guimarães de Azevedo

À minha mãe

## ÍNDICE GERAL

	página
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice das figuras.....	vi
Índice das tabelas.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	7
2.1. Localização.....	7
2.2. Solos.....	8
2.3. Vegetação.....	9
3. METODOLOGIA.....	17
3.1. Biomassa aérea.....	17
3.2. Produção primária líquida aérea (PPLA).....	20
3.3. Umidade do solo.....	22
3.4. Dados meteorológicos.....	22
3.5. Balanço de água.....	25
4. RESULTADOS.....	26
4.1. Fatores ambientais.....	26
4.1.1. Balanço de água.....	26
4.1.2. Radiação e temperatura.....	27
4.1.3. Umidade do solo.....	28
4.2. Biomassa e produção primária líquida.....	44
4.3. Relações entre a produção primária líquida e fatores ambientais.....	45
5. DISCUSSÃO	
5.1. Produção primária líquida aérea (PPLA).....	58
5.1.1. PPLA da área testemunha.....	58
5.1.2. PPLA da área que sofreu a ação do fogo..	61

5.1.3. PPLA da área cultivada com <i>Brachiaria decumbens</i> .....	62
5.2. Relações entre os fatores ambientais e a produção das diferentes áreas.....	63
5.2.1. Balanço hídrico.....	63
5.2.2. Precipitação, radiação e temperatura....	64
5.2.3. Porcentagem de água no solo.....	65
5.2.4. Eficiência da vegetação na captação de energia.....	65
6. CONCLUSÕES.....	68
Referências bibliográficas.....	70

## AGRADECIMENTOS

Expresso meus agradecimentos aos pesquisadores do CPAC Luiz Guimarães de Azevedo, Jorge Adamoli, Jamil Macêdo, Darci Tércio Gomes e Ariovaldo Luchiar Júnior pela ajuda fornecida sem a qual não seria possível a realização deste trabalho; a Raimundo Paulo Henriques pelas idéias e críticas ao plano de trabalho e texto final; a Ivaneck Peres Alves pela ajuda na separação do material coletado e realização dos trabalhos de datilografia; ao coletor Mardocheu Pereira Rocha pela grande colaboração nas coletas realizadas.

## RESUMO

Foi estimada a produção primária líquida aérea para três comunidades que apresentam estrato herbáceo no DF. Estudou-se uma área de Campo Sujo de Cerrado preservada, outra que foi queimada e uma pastagem artificial cultivada com *Brachiaria decumbens* (Forsk.) Stapf cv. australiana.

A produção foi estimada através das diferenças entre a biomassa aérea que foi coletada quinzenalmente. O estudo se realizou de outubro de 1980 a abril de 1981 que corresponde ao período das chuvas.

A produção primária aérea para o período das chuvas foi  $108 \pm 26 \text{ g m}^{-2}$  para o Campo Sujo não queimado,  $176 \pm 33 \text{ g m}^{-2}$  para o queimado e  $395 \pm 93 \text{ g m}^{-2}$  na pastagem de *B. decumbens*.

A produção quinzenal apresentou maior correlação a precipitação e água no solo. A eficiência da conversão de energia solar para matéria seca foi  $0,12 \pm 0,03\%$  para o Campo Sujo não queimado,  $0,19 \pm 0,04\%$  para o queimado e  $0,40 \pm 0,09\%$  para a pastagem de *B. decumbens*.

## ABSTRACT

The above-ground net primary production was estimated for three herbaceous communities in the Federal District of Brazil. The areas studied were in native 'campo sujo' vegetation (grassland with few shrubs) and in an established pasture of *Brachiaria decumbens* (Forsk.) Stapf cv. *australiana*. The 'campo sujo' was divided into two, one area initially burnt and the other unburnt.

Production was estimated by using differences in the above-ground biomass which was sampled at fifteen-day intervals. The study was planned to coincide with the wet season, between October 1980 and April 1981.

The above-ground net primary production estimated for the entire period was  $108 \pm 26 \text{ g m}^{-2}$  for the unburnt 'campo sujo',  $176 \pm 33 \text{ g m}^{-2}$  for the burnt 'campo sujo' and  $395 \pm 93 \text{ g m}^{-2}$  for the pasture of *B. decumbens*.

The fifteen-day production figures were most highly correlated with precipitation and soil water. The efficiency of the conversion of solar energy into dry matter was  $0.12 \pm 0.03\%$  for the unburnt 'campo sujo',  $0.19 \pm 0.04\%$  for the burnt 'campo sujo' and  $0.40 \pm 0.09\%$  for the *B. decumbens*.



## ÍNDICE DAS FIGURAS

1. Representação gráfica dos compartimentos do ecossistema que percorre a energia na vegetação.....	2
2. Localização das áreas de estudo e estações meteorológicas no CPAC (EMBRAPA).....	10
3. Aspecto da área de estudo (Campo Sujo de Cerrado) no CPAC (EMBRAPA), DF.....	16
4. Balanço hídrico da área testemunha segundo THORNTWHAITE & MATHER (1955).....	32
5. Balanço hídrico da área que sofreu a ação do fogo segundo THORNTWHAITE & MATHER (1955).....	33
6. Balanço hídrico da área de pastagem artificial ( <i>B. decumbens</i> ) segundo THORNTWHAITE & MATHER (1955)..	34
7. Precipitação total mensal.....	35
8. Temperatura média mensal.....	36
9. Umidade relativa média mensal.....	37
10. Radiação solar total e temperatura média do ar de cada período de estudo na área testemunha.....	38
11. Radiação solar total e temperatura média do ar de cada período de estudo na área de campo sujo que sofreu a ação do fogo.....	39
12. Radiação solar total e temperatura média do ar de cada período de estudo na área de pastagem artificial <i>B. decumbens</i> .....	40

13. % de água no solo obtida em diferentes profundidades na área testemunha.....	41
14. % de água no solo obtida em diferentes profundidades na área que sofreu a ação do fogo.....	42
15. Perfis de % de água no solo.....	43
16. Variação da biomassa aérea da área testemunha.....	51
17. Variação da biomassa aérea da área que sofreu a ação do fogo.....	52
18. Variação da biomassa aérea da área cultivada por <i>B. decumbens</i> .....	53
19. Relação entre a biomassa aérea morta e viva.....	55

ÍNDICE DAS TABELAS

	página
1. Análises químicas e físicas do solo de Campo Sujo.....	13
2. Análises químicas e físicas do solo da área cultivada com <i>Brachiaria decumbens</i> em diferentes profundidades.....	14
3. Frequência absoluta das espécies presentes no estrato herbáceo na área de campo sujo queimado e não queimado.....	15
4. Balanço hídrico da área testemunha segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955).....	29
5. Balanço hídrico da área que sofreu a ação do fogo segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955).....	30
6. Balanço hídrico da área de pastagem artificial ( <i>B. decumbens</i> ) segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955).	31
7. Peso seco da biomassa vegetal ( $g\ m^{-2}$ ) do material vivo e morto da área testemunha.....	48
8. Peso seco da biomassa vegetal ( $g\ m^{-2}$ ) do material vivo e morto da área que sofreu a ação do fogo.....	49
9. Peso seco da biomassa vegetal ( $g\ m^{-2}$ ) do material vivo e morto da pastagem cultivada com <i>B. decumbens</i> .	50
10. Produção primária líquida aérea ( $g\ m^{-2}$ ) e taxa de crescimento relativo ( $gg^{-1}\ d^{-1}$ ) para cada área de estudo.....	54
11. Coeficientes de correlação entre fatores do ambiente e a produção de material vivo e material morto total nas três áreas de estudo .....	56

12. Coeficientes de correlação múltipla entre fatores do ambiente e a produção de material vivo e material morto total nas três áreas de estudo..... 57
13. Estimativa mínima das taxas de produção primária líquida baseada no pico de biomassa aérea para dados de vegetação herbácea em várias savanas tropicais e comunidades relacionadas..... 60
14. Eficiência da produção de matéria seca da estação de crescimento de diferentes comunidades acompanhado da idade e localização..... 67

## 1 - INTRODUÇÃO

O estudo da produção primária é fundamental para o conhecimento da estrutura trófica de uma comunidade, pois a energia armazenada pela fotossíntese é, posteriormente, utilizada por todos os componentes do ecossistema.

Parte da radiação solar que chega à Terra é absorvida pelos vegetais havendo, então, um fluxo de energia para vários compartimentos do ecossistema. Na figura 1 tem-se um esquema de parte dessas transferências.

Através do processo da fotossíntese, tem-se a transformação da energia radiante em energia química, que, por sua vez, é acumulada nas ligações dos carboidratos formados. Essa matéria produzida será incorporada à biomassa verde do vegetal, podendo ser encontrada na parte aérea da planta (caule, folha, flor e fruto) ou na parte subterrânea (raízes). Essa biomassa produzida poderá ser gasta no processo de respiração ou consumida pelos herbívoros. Esse material vivo aos poucos sofrerá um processo de senescência, tornando-se biomassa aérea morta. Essa biomassa morta sofrerá gradativamente o processo de decomposição, liberando os nutrientes que poderão ser reaproveitados pelas plantas.

WIEGERT & EVANS (1964) consideram a medição da

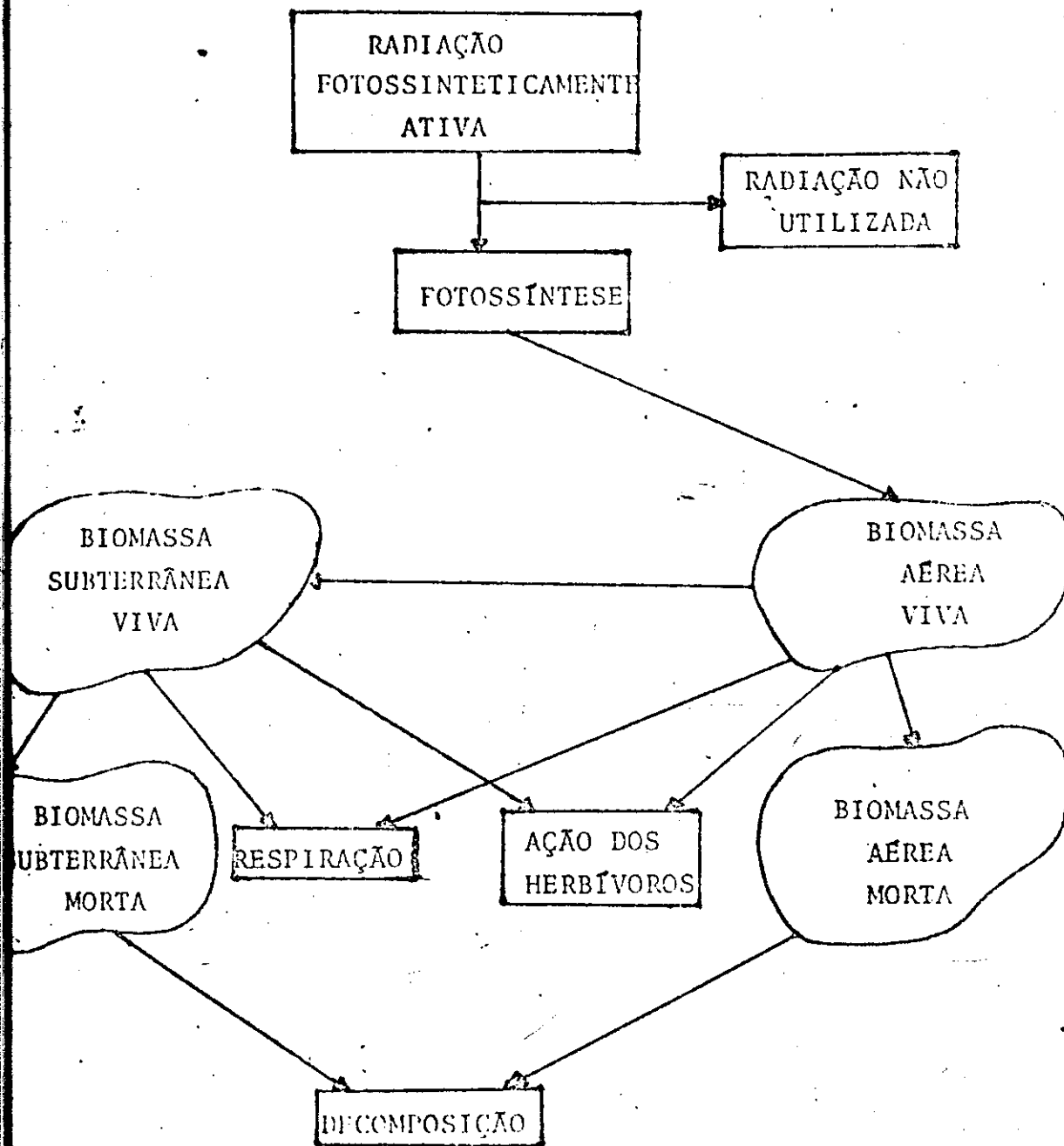


Figura 1 - Representação gráfica dos compartimentos de ecossistema que percorre a energia na vegetação.

taxa de energia que é fixada pela vegetação como ponto de partida para o entendimento do fluxo de energia no ecossistema.

Atualmente vários estudos sobre as transformações e transferência de energia dentro de comunidades já foram feitos, principalmente os que medem o quanto é produzido pelos vegetais.

Nos diferentes trabalhos sobre produção primária líquida já realizados observa-se uma confusão e variação nas definições de biomassa, produção e produtividade. Seguindo os conceitos definidos por WESTLAKE (1963) será considerado biomassa primária como o peso seco do material vegetal amostrado ou coletado em uma dada área; produção primária líquida como a quantidade de energia armazenada nos tecidos vegetais durante um período descontando-se as perdas, como o que é consumido pela respiração das plantas e a ação dos herbívoros; e produtividade primária líquida como a taxa de produção primária líquida (produção/tempo).

Atualmente, já se tem vários trabalhos que tentam verificar a influência de fatores do ambiente sobre a produção primária. Vários fatores influenciam o processo da fotossíntese, podendo ser citados como principais a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, concentração de  $CO_2$ , temperatura, efeito inibitório da concentração de  $O_2$ , hidratação das folhas, excesso ou carência de certos nutrientes do solo e regulação gênica (ZELITCH, 1971). Fatores como quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, temperatura, concentração de  $CO_2$  e quantidade de água apresentam uma relação direta com a produção primária bruta, até o ponto em que o aumento na quantidade da variável em estudo não proporciona mais um aumento na produção primária (EVANS, 1972).

WEAVER (1924) já afirmava existir muitas relações entre as plantas e o habitat e que estudos cuidadosos deveriam ser feitos para determinar exatamente as causas

produzem modificações na vegetação. Ele sabia que não só um fator que tinha importância, mas sim a interação de todos eles. Observou que a quantidade de água e o poder de evaporação do ar, eram as variáveis que mais influenciavam no crescimento de uma vegetação do tipo campere. Suas conclusões foram tiradas só por observações.

Várias relações, em diferentes locais, já foram obtidas. Como as mais comuns, tem-se as relações entre a produção primária líquida com: (1) precipitação (KUMAR & OSHI, 1972; SINGH & YADAVA, 1974; SIMS & SINGH, 1978b); (2) evapotranspiração potencial (LIETH, 1961); (3) evapotranspiração real (ROSENZWEIG, 1968); e (4) temperatura (PITT & HEADY, 1978).

Quando são buscadas relações considerando-se mais de uma variável simultaneamente, obtém-se correlações múltiplas com maior nível de significância. Pode ser citado o estudo realizado por PITT & HEADY (1978) que relacionou um grande número de variáveis com a produção primária obtendo um coeficiente de correlação com significância menor que 0,003.

A partir das relações existentes entre a temperatura e a precipitação com a produção primária, LIETH (1972) conseguiu montar o mapa mundial da produção primária. As equações dessas relações foram derivadas a partir dos dados e relações obtidas por outros autores.

A razão entre a produção primária e a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, recebida pela vegetação, é chamada eficiência na produção de matéria seca. MONTEITH (1977) acredita que o total máximo de matéria seca acumulada por uma comunidade está muito relacionado com o total de radiação que a folhagem intercepta durante o seu crescimento. Essa eficiência não depende só da radiação mas de outros fatores limitantes.



Modificações estruturais sofridas pela vegetação alteram a atuação dos fatores ambientais, podendo aumentar ou diminuir a produção primária líquida do ecossistema. Acredita-se que em áreas protegidas da ação do homem e animais domésticos, a produção primária líquida é menor do que em um local que anteriormente sofreu modificações (PEARSON, 1965). GOLEY (1965) estudando a sucessão de um campo, observou que a produtividade foi maior no primeiro ano de estudo e depois declinou. Ainda em estudos de sucessão, em florestas, SINGH & MISRA (1969) demonstraram que quando a diversidade das espécies herbáceas aumenta, a produção primária aumenta, enquanto que o aumento de dominância reduz a produção. McNAUGHTON (1967) deduziu o fato oposto ao contrário em campos da Califórnia, sendo a relação produção primária x diversidade das espécies um ponto ainda polêmico. Outra alteração importante é o fogo, que já foi provado ser um fator que aumenta a produção de uma área (BLYDENSTEIN, 1963; SAN JOSE & MEDINA, 1975).

O Cerrado sensu lato deve ainda ser muito estudado, para que melhor se conheça a sua estrutura e o seu funcionamento. Essa região apresenta um grande potencial pecuário, devido ao seu estrato herbáceo desenvolvido. Um melhor conhecimento ecológico deste estrato nos proporcionará um aproveitamento pecuário racional e de maior produtividade. O conhecimento da dinâmica da produção primária e as relações com os fatores do ambiente proporciona informações importantes para o objetivo acima. Atualmente, ainda não se tem nenhum estudo nesta linha.

WARMING (1908), estudando durante tres anos Cerrado da região centro oriental de MG, levantou a hipótese de que a água seria o principal fator limitante para o crescimento das espécies lenhosas do Cerrado, sendo esta vegetação xerofítica. Posteriormente, surgiram novas hipóteses principalmente ligadas a deficiência ou toxidez de certos nutrientes do solo (ARENS, 1958). A hipótese de Warming foi contestada a partir dos primeiros trabalhos ex

erimentais que demonstraram que a água não era um fator limitante quanto se presumia, podendo ser citado o trabalho pioneiro realizado por RAWITSCHER *et al.* (1943). Observaram a presença de raízes de árvores muito profundas atingindo o lençol freático. No caso do estrato herbáceo, por não apresentar raízes tão profundas, provavelmente, o crescimento mais dependente da quantidade de água.

O fogo ocorre em grande escala na Região do Cerrado, sendo muito utilizado para manejar pastagens naturais. Segundo GOODLAND & FERRI (1979), ele é um fator que pode fazer, sucessionalmente falando, o Cerrado surgir onde ele não existia antes. COUTINHO (1976) observou que a floração e brotamento são estimulados pela ação do fogo. Além disso acredita-se que o fogo estimule também a produtividade primária da área. Para verificar se a ação do fogo aumenta a capacidade da vegetação fixar energia, se torna necessário comparar os dados de produção primária líquida entre uma área que sofreu fogo e uma natural.

*Brachiaria* é um gênero de *Gramineae* com algumas espécies apresentando alto valor forrageiro em certas regiões do Brasil. No estado de Goiás tem-se cerca de 120000ha plantados com *Brachiaria* e ocupando áreas de Cerrado, onde outras espécies forrageiras não o conseguiram. Atualmente mais de 10% do rebanho de Goiás pasta em campos de *Brachiaria*. A espécie mais utilizada é *B. decumbens* (BRASIL, 1977). Apesar de sua larga utilização, perguntas como qual a sua eficiência para captação de energia, produtividade, influenciados fatores ambientais sobre ela, ainda não foram respondidas.

Este trabalho procurou, para Região do Cerrado, dados de produção primária líquida aérea para a estação de chuvas das seguintes áreas: 1-campo sujo não queimado; 2-campo sujo que sofreu a ação do fogo; (3) pastagem artificial cultivada com a espécie *Brachiaria decumbens*; relacionar estes dados com fatores ambientais obtendo informações sobre aqueles que apresentam maior influência na produção e obter a eficiência na produção de matéria seca de cada área.

## 2 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

### 2.1. Localização

A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Se encontra a 30 Km de Brasília na parte centro - norte do Distrito Federal; ocupando cerca de 2140 ha. É cortado pela rodovia Br 020 (Brasília - Fortaleza) sendo localizado no Km 18 desta rodovia (EMBRAPA, 1979a).

O geomorfologia da área do CPAC compreende a chapada, os "glacis" (de erosão e acumulação) e as aluviões da margem direita do Córrego Sarandi. Geologicamente, a área é caracterizada pela ocorrência de quartzitos, filitos e xistos do Pré-Cambriano. Nas partes mais elevadas (chapada) tem-se sedimentos da idade Terciário - Quaternária, encontrados sob a forma de uma cobertura (EMBRAPA, 1979a).

Na figura 2 tem-se o mapa do CPAC, localizando-se as áreas de estudo e estações meteorológicas cujos dados foram utilizados no presente trabalho. A estação meteorológica principal apresenta as coordenadas  $15^{\circ} 35' 30''$  Lat.

Sul e  $47^{\circ} 42' 30''$  W. Gr., com uma altitude de 1007 m. A estação meteorológica da chapada apresenta as coordenadas  $15^{\circ} 36' 36''$  Lat. Sul e  $47^{\circ} 44' 21''$  W.Gr. com altitude de 1175m. A área de estudo corresponde ao campo cultivado com a espécie *Brachiaria decumbens* (Forsk.) Stapf cultivar (cv.) australiana da família *Gramineae*, apresenta-se com uma altitude de 1000m nas coordenadas  $15^{\circ} 35' 52''$  Lat. Sul e  $47^{\circ} 43' 5''$  W. Gr. Esta área se encontrava cercada, não sofrendo nenhum processo de adubação pastoreio ou manejo a pelo menos um ano antes do experimento. As áreas de Campo Sujo de Cerrado, que se encontravam cercadas e protegidas contra qualquer ação externa a pelo menos dois anos, compreendem uma que sofreu a ação do fogo no dia 3/10/80 e outra mantida em seu estado natural. Essas áreas são vizinhas, cada uma de 40m x 50m, encontrando-se a 1176 m sob as coordenadas de  $15^{\circ} 36' 53''$  Lat. Sul e  $47^{\circ} 44' 4''$  W. Gr.

## 2.2. Solos

Na tabela 1 tem-se os dados das análises físico-químicas, realizadas segundo EMBRAPA (1979b), do solo obtido no perfil 1 (pag.11). Para análise da composição granulométrica considerou-se como areia as partículas maiores que 0,02mm, silte entre 0,02 e 0,002mm e argila menor que 0,002mm. A descrição do perfil foi feita de acordo com as instruções do SBCS (1976), sendo ele coletado entre a área queimada e a não queimada de Campo Sujo de Cerrado. Na tabela 2 tem-se os dados físico-químicos do solo da área cultivada com *B. decumbens* a cada 20cm até 1,20m de profundidade.

O campo sujo está localizado em uma área de Latossolo Vermelho-Amarelo e a área cultivada com *B. decumbens*, Latossolo Vermelho-Escuro.

Classificando-se os solos estudados segundo o triângulo para classificação das classes texturais

adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (KIEHL, 1979) tem-se para o campo sujo areia franca nos horizontes A, franco arenoso no horizonte B<sub>1</sub> e franco argilo arenoso nos horizontes B<sub>21</sub> e II B<sub>22</sub>cn. O solo da área cultivada com *B. decumbens*, em todas as suas profundidades, apresenta textura argilosa.

### 2.3. Vegetação

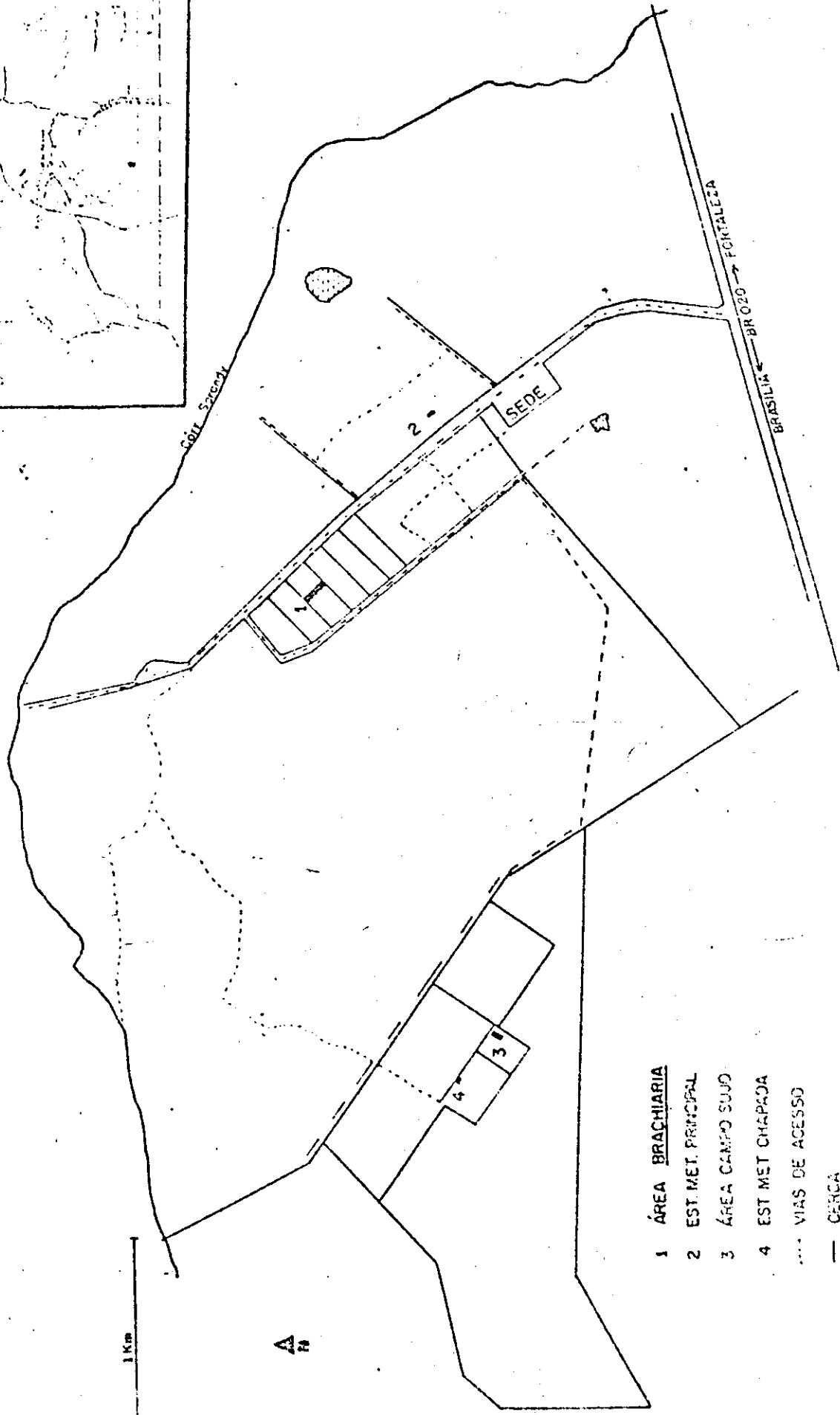
A área estudada foi considerada como sendo campo sujo de Cerrado por apresentar apenas arbustos e indivíduos gramíneos com ausência de árvores que são considerados os indivíduos de tronco lenhoso com altura superior a 2m (RIBEIRO *et al.*, 1981). Na figura 3 tem-se uma visão da área. Pode se observar ao fundo uma transição para Campo-Cerrado.

Para descrever a vegetação presente, lançou-se 40 quadrados de 1m x 1m em cada área (queimada e não queimada). A amostragem foi aleatória, feita em maio de 1981. Aconteceu-se a frequência absoluta das espécies herbáceas presentes, que é a porcentagem de unidades de amostragem com ocorrência da espécie, em relação ao número total de unidades de amostragem. Os dados se encontram na tabela 3. A identificação do material botânico foi feito comparando-se o material coletado com o material do herbário da UnB. As exsicatas coletadas na área se encontram neste herbário, com os números de coleta ML 1 a 17.

47° 45' 00"

15° 35' 00"

10.



- 1 ÁREA BRACHIARRIA
- 2 EST. MET. PRINCIPAL
- 3 ÁREA CAMPO SUJO
- 4 EST MET CHAPADA
- .... VIAS DE ACESSO
- CERCA

Figura 2 - Localização das áreas de estudo e estações meteorológicas no CPAC

Perfil nº 1

Data: 09/09/81

Classificação: Latossolo Vermelho - Amarelo.

Localização: CPAC.

Situação e declive: Topo aplainado com 2% de declividade.

Altitude: 1176 m.

Litologia e formação geológica: Cobertura detrito-laterítica do Terciário - Quaternário.

Material originário: Cobertura de caráter franco argiloso.

Relevo: Plano.

Erosão: Laminar ligeira.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação: Campo sujo de Cerrado.

Uso atual: Reserva.

#### DESCRIÇÃO DO PERFIL

- A<sub>1</sub> 0 - 15cm, bruno escuro (10YR 3/3, úmido); areia franca; fraca pequena e média blocos sub-angulares; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.
- A<sub>3</sub> 15 - 30cm, bruno escuro (10YR 4/4, úmido); areia-franca; fraca pequena e média blocos sub-angulares; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.
- B<sub>1</sub> 30 - 50cm, bruno amarelado (10YR 5/6, úmido), franco arenoso; fraca média blocos sub-angulares com aspecto de maciça; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.
- B<sub>21</sub> 50 - 90cm, bruno amarelado claro (10YR 5/6, úmido); franco argilo arenoso; maciço; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.
- IIB<sub>22</sub> 90 - 100cm<sup>†</sup>, bruno amarelado claro (10YR 6/8, úmido); franco argilo arenoso, cascalhento; maciço; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes: Abundantes no  $A_1$ , muitas no  $A_3$ , comuns no  $B_1$  e  $B_{21}$ , poucas no II  $B_{22}^{cn}$ .

Observações: Presença de concreções lateríticas endurecidas no horizonte II  $B_{22}^{cn}$ .



Tabela 1 - Análises químicas e físicas do perfil 1 localizado entre as áreas experimentais de campo sujo de Cerrado.

Horiz.	Prof. cm	Composição granulométrica da terra fina			pH (1:2,5)	
		Areia	Argila	Silte	Água	KCl 1N
A <sub>1</sub>	0-15	83	14	3	3,8	3,8
A <sub>3</sub>	15-30	86	10	4	4,0	3,8
B <sub>1</sub>	30-50	78	17	5	3,9	3,9
B <sub>21</sub>	50-90	73	24	3	3,8	4,1
B <sub>22</sub>	90-100 <sup>+</sup>	70	24	6	3,8	4,3

Cátions trocáveis (mEq / 100g)

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Carbono orgânico %	Fósforo, assimilável ppm
0,14	0,10	0,11	0,014	0,66	2,8	Tr
0,08	0,07	0,14	0,009	0,69	2,8	Tr
0,08	0,08	0,07	0,008	0,67	2,7	Tr
0,07	0,07	0,06	0,017	0,29	2,3	Tr
0,08	0,08	0,09	0,009	0,26	2,5	Tr

Tabela 2 - Análises químicas e físicas do solo da área cultivada com *Brachiaria decumbens* cv. australiana em diferentes profundidades.

Profundidade cm	Composição granulométrica da terra fina			pH (1:2,5)	
	Areia	Argila	Silte	Água	KCl 1N
0-20	36	54	10	3,5	3,7
20-40	33	57	10	3,4	3,6
40-60	36	57	7	3,6	3,6
60-80	36	57	7	3,4	3,7
80-100	36	60	4	3,4	3,7
100-120	38	57	5	3,7	3,7

Cátions trocáveis (mEq / 100g)

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Carbono orgânico %	Fósforo assimilável ppm
1,52	0,08	0,12	0,011	1,20	3,4	0,3
0,52	0,09	0,09	0,010	1,85	3,3	Tr
0,26	0,09	0,08	0,009	1,89	3,1	Tr
0,18	0,08	0,07	0,012	1,86	3,0	Tr
0,15	0,08	0,07	0,017	1,90	2,8	Tr
0,14	0,07	0,08	0,011	1,93	3,0	Tr

Tabela 3 - Frequência absoluta das espécies presentes no estrato herbáceo com o número de coleta, na área de campo sujo queimado e não queimado (só foram consideradas as espécies que apresentam frequência absoluta superior a 5% em pelos menos uma das áreas).

Nº	Fam	Nome da espécie	Frequência absoluta	
			Não queim.	Queimada
01		<i>Eragrostis rufescens</i>	35,0	47,5
02		<i>Aristida riparia</i>	2,5	22,5
03	G	<i>Andropogon paniculatus</i>	5,0	30,0
04	R	<i>Paspalum masculosum</i>	12,5	22,5
05	A	<i>Panicum cianescens</i>	77,5	82,5
06	M	<i>Echinolaena inflexa</i>	52,5	77,5
07	I	<i>Paspalum gardnerianum</i>	77,5	60,0
08	N	<i>Axonopus polydactyla</i>	7,5	10,0
09	E	<i>Andropogon sp.</i>	2,5	12,5
10	A	<i>Diectomis fastigiata</i>	2,5	5,0
11	E	<i>Paspalum stellatum</i>	5,0	5,0
12		<i>Andropogon hitiflorus</i>	20,0	2,5
13		Cidreira do cerrado	40,0	2,5
14	O	<i>Sisyrinchium vaginatum</i>	10,0	7,5
15	U T R	<i>Xyris tortula</i>	7,5	2,5
16	A S	<i>Rhynchospora consanguinea</i>	52,5	60,0
17		<i>Bulbostylis emmerchieae</i>	0,0	10,0

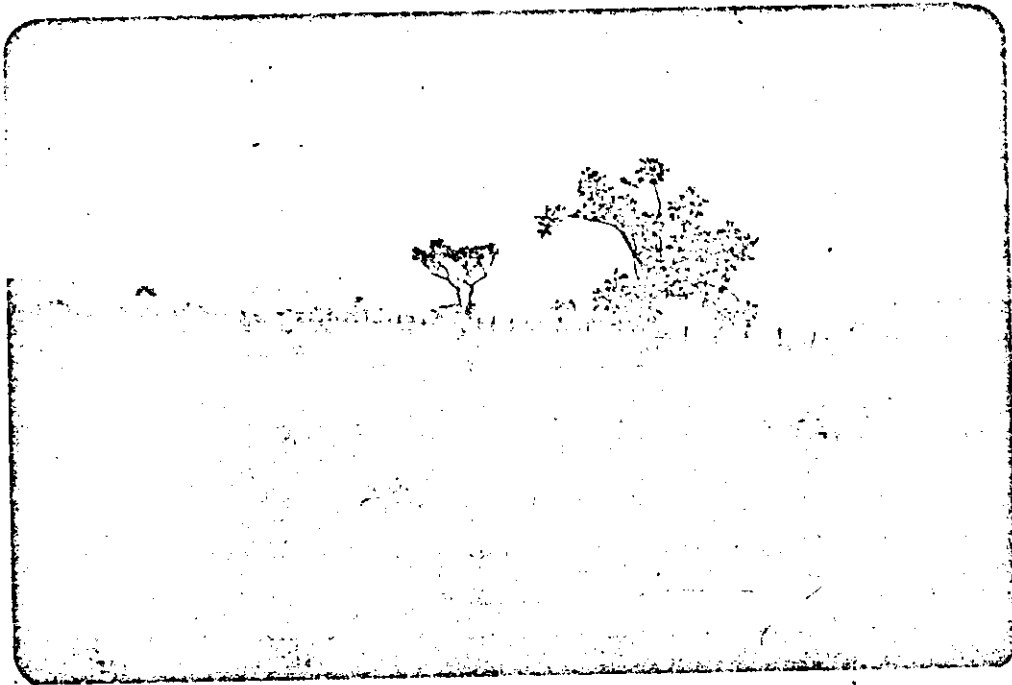


Figura 3 - Aspecto da área de estudo campo sujo de Cerrado  
no CPAC, DF.

### 3 - METODOLOGIA

#### 3.1. Biomassa aérea

Foram feitas coletas quinzenais de toda a biomassa aérea vegetal herbácea que se encontrava enraizada. As coletas se realizaram no período de 1 de outubro de 1980 a 23 de abril de 1981, coincidente com o período das chuvas e crescimento da vegetação. Foram considerados como herbáceo todo o material que não apresentava caule bem diferenciado e desenvolvido. A cada coleta eram lançados, aleatoriamente, 10 quadrados de 1m x 1m em cada área de estudo. Todos os oito quadrados de 1m<sup>2</sup> que circundavam um local não eram coletados posteriormente, devido a influência do corte anterior desta área sobre o crescimento da vegetação circunvizinha.

As áreas estudadas apresentavam as seguintes dimensões:

- a) área testemunha (campo sujo de Cerrado): 40m x 50m;
- b) área que sofreu a ação do fogo : 40m x 50m;
- c) área de pastagem artificial cultivada com a espécie *Brachiaria decumbens* cv. australiana: 20m x 100m.

A coleta do material foi feita manualmente, utilizando-se uma pequena tesoura de poda. O corte era feito

rente ao solo. O material vegetal cortado em cada um dos quadrados era colocado em sacos plásticos e levado para o laboratório. A seguir era feita a separação do material vivo e morto. O material resultante da separação de cada quadrado era colocado em sacos de papel, permanecendo em uma estufa a 80 °C por um período mínimo de 48 horas, segundo recomendação de LIETH (1968a). Finalmente, este material era pesado obtendo-se, então, as médias dos pesos, uma de material vivo e outra de morto, entre 10 quadrados para cada área.

O método da colheita foi e ainda é amplamente utilizado em todo mundo (ODUM, 1960). Ele se presta para estudos de biomassa e produção primária para tipos de vegetação com estratos herbáceos homogêneos, onde o crescimento da vegetação se dá por igual.

Existem outros métodos para se estimar a produção primária em campo, como o que utiliza a medição da variação de  $CO_2$  (TRANSEAU, 1926). Uma das restrições a se fazer à cerca da utilização deste método é que ele não mantém as condições ambientais naturais (PEARSON, 1965). Um certo número de métodos não destrutivos tem surgido (métodos de estimação visual, disco de peso, medidor de capacidade, atenuação de  $\beta$ , sensoriamento remoto), estando estes numa fase de aprimoramento (TUCKER, 1980). Um método bastante utilizado é o que verifica as variações de  $CO_2$  no perfil atmosférico conhecido como método aerodinâmico (BISCOE *et al.*, 1975).

O método da colheita tem sido muito usado em campos naturais da região temperada sendo, também, já amplamente utilizado nos trópicos (KUMAR & JOSHI, 1972; SINGH & YADAVA, 1974; SHRIMAL & VYAS, 1975; BAARS, 1976; MISRA & MALL, 1976; STRUGNELL & PIGOTT, 1978). Em países da América Latina sua utilização tem sido principalmente para estudos de áreas queimadas (BLYDENSTEIN, 1963; CAVALCANTI, 1978; FRANGI *et al.*, 1980).

Algumas variações são observadas quanto à utilização deste método entre os diferentes autores, tais como tamanho do quadrado, número de quadrados levantados em cada amostragem e período considerado entre uma amostragem e outra.

WIEGERT (1962) considerou o tamanho do quadrado mínimo de  $0,187 \text{ m}^2$  para um campo em região temperada mas ponderou que tamanhos maiores de quadrados não acarretariam erros e sim maior tempo e trabalho na coleta. A escolha do tamanho do quadrado para os diferentes autores consultados variou de  $0,05 \text{ m}^2$  até  $1 \text{ m}^2$ . Os quadrados utilizados neste trabalho foram de  $1 \text{ m}^2$ , tamanho já utilizado anteriormente no Cerrado (CAVALCANTI, 1978; CESAR, 1980). Segundo GOLLEY (1965) os quadrados menores do que  $1 \text{ m}^2$  podem ocasionar uma superestimação da verdadeira quantidade de biomassa por  $\text{m}^2$ . Uma consideração a ser feita é o erro provocado pelo efeito de borda (número de decisões para escolha do material que se encontra dentro ou fora do quadrado). Quanto menor o quadrado, maior é a razão do perímetro pela área, consequentemente maior é o número de decisões feitas por unidade de área acarretando um maior erro; por isso quanto maior o tamanho do quadrado, menor o erro oriundo do efeito de borda.

O número de quadrados amostrados nos vários trabalhos variou de 5 até 20 raramente excedendo a amostragem de  $10 \text{ m}^2$  por coleta. Foi escolhida no presente estudo a amostragem de 10 quadrados para cada coleta. Foi considerado que  $10 \text{ m}^2$  era uma área satisfatória e compatível com a infraestrutura disponível.

Os espaços de tempo, entre as amostragens, usados pelos diferentes autores variaram do semanal até o bimensal. Foi escolhida neste trabalho a amostragem quinzenal, pois um espaço de tempo maior não permitiria relacionar as variações dos fatores abióticos e a produção, e um espaço de tempo menor seria muito trabalhoso em termos de coleta e separação do material, visualizando uma produção

muito pequena que não compensaria.

Apesar de ser ter tomado decisões criteriosas e fundamentadas em bibliografia para utilização do método, observou-se uma variação grande nos dados obtidos em cada coleta obtendo-se coeficientes de variação médios para cada área de estudo que ficaram na faixa dos 25 % - 35%. Poucos são os autores que notificam o coeficiente de variação dos seus dados podendo ser citado 15,7% obtido por MENAUT & CESAR (1979). Para diminuir este coeficiente em trabalhos futuros que utilizem o método da colheita em campo sujo de Cerrado, seria muito útil ser feito um estudo que nos desse o melhor tamanho de quadrado, utilizando a metodologia descrita por WIEGERT (1962), e o número de quadrados que devem ser amostrados, utilizando o método gráfico de SMITH (1966).

### 3.2. Produção primária líquida aérea (PPLA)

Para se obter a PPLA de um certo período de tempo, diminuiu-se o valor obtido de biomassa viva de cada coleta pelo obtido na coleta anterior. Teve-se assim o incremento de biomassa aérea que ocorreu neste período não considerando o que foi respirado pelas plantas, consumido pelos herbívoros e transformado em material morto.

SINGH *et al.* (1975) fizeram um estudo de revisão sobre todas as maneiras utilizadas por diferentes autores para a estimativa da produção primária líquida aérea. Eles descreveram 13 métodos diferentes. No presente estudo foi utilizado o método denominado por eles de "análise dos vários picos do material vivo". Nove desses métodos não puderam ser utilizados por restrições de dados (quatro deles necessitavam de dados de biomassa por espécies, um da bio-



massa de grupos de espécies com fenologia similar, outro de dados de grupos de espécies de acordo com a longevidade, dois deles de dados de folheto e um de material morto (de outros anos que se encontrava na área). Sobraram quatro métodos passíveis de utilização. Dois deles consideravam como produção primária líquida anual o maior valor de biomassa obtida no decorrer das amostragens na estação de crescimento. Estes dois métodos só devem ser utilizados em locais que o material produzido em um ano não continue a existir no outro ano, fato que não ocorre no Cerrado.

A decisão final ficou entre o método da "análise dos vários picos de material vivo" e o método que além do material vivo soma também os incrementos positivos de material morto recente, que ocorreram juntamente com o aumento de material vivo. O segundo método não foi utilizado pois os dados obtidos de material morto presente resultavam da acumulação de outros anos, logo não servindo para esses cálculos.

Assim, a produção primária líquida aérea neste estudo foi obtido através do somatório dos incrementos positivos de biomassa de material vivo observados entre duas amostragens consecutivas.

Esses valores obtidos foram uma subestimação da produção real, pois não foi considerado o material que neste período de tempo era vivo e passou a morto. Além disso também não é considerado o desaparecimento dos componentes vegetais entre dados amostrados, a probabilidade da amostragem ocorrer antes ou depois do pico de biomassa, a perda de peso seco por respiração entre o corte e a secagem (BOURLIÈRE & HADLEY, 1970), como também a diferença no pico de biomassa das diferentes espécies (WIEGERT & EVANS, 1964).

SINGH *et al.* (1975) são de opinião que os métodos que levam em consideração os vários picos observados apresentam vantagens sobre os outros, tanto em termos de

precisão como também pela mais fácil obtenção dos dados. Eles construíram uma tabela com fatores de conversão que transformam estimativas de um método para outro. Os dados utilizados para obtenção desses fatores de conversão foram obtidos em vários estudos realizados em diferentes tipos de campos existentes nos Estados Unidos. Posteriormente alguns autores utilizaram esses fatores de conversão em seus estudos, até mesmo em regiões tropicais. Apesar de no presente trabalho, devido ao método empregado, se ter obtido dados subestimados da produção primária líquida aérea, absteve-se de utilizar esses fatores que são mais próprios para região temperada. Poderão ser achados esses fatores de conversão de método para método para as regiões tropicais, quando um maior número de estudos deste tipo foram realizados nos trópicos.

### 3.3. Umidade do solo

Foram obtidos dados de porcentagem de água no solo das áreas testemunha e da área queimada. Semanalmente eram feitas amostras de solo em dois pontos aleatórios de cada área. As amostras eram retiradas de 15cm em 15cm até alcançarem 90cm de profundidade ou a camada concrecionária presente na área.

As amostras eram pesadas no laboratório, colocadas em estufa a 100 °C por 24 horas e novamente pesadas. A diferença entre os pesos inicial e final sobre o peso final era a porcentagem de água no solo para aquela profundidade.

### 3.4. Dados meteorológicos

Os dados utilizados foram obtidos nas estações meteorológicas do CPAC. A estação principal se localiza a 1350m da área estudada que é cultivada com *B. decumbens* e

a estação da chapada a 640m da área testemunha e da que sofreu a ação do fogo.

Os dados diários considerados foram os seguintes:

$T_a$  - temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_u$  - temperatura do ar em um termômetro de bulbo úmido ( $^{\circ}\text{C}$ )

$P$  - precipitação (mm)

$u$  - velocidade do vento ( $\text{ms}^{-1}$ )

$St$  - radiação solar total ( $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ )

INS- período com luz do sol direta (h)

Para o cálculo da evapotranspiração potencial usou-se o método de PENMAN (1948). Outros métodos existem mas a equação de Penman é que se mostrou mais confiável para utilização no Cerrado (JOHNSON, 1981) como também em outras partes do Brasil (SEMIYAMA, 1973).

Neste trabalho foi utilizada a equação de Penman modificada por MONTEITH (1965):

$$\lambda E_p = \frac{\Delta R_n + \{\rho C_p (e_s(T_a) - e_a) / r_a\}}{\Delta + \{\gamma(r_a + r_s) / r_a\}}$$

onde:

$E_p$  - evapotranspiração potencial ( $\text{mm d}^{-1}$ )

$\lambda$  - calor latente de vaporização da água ( $\text{Jg}^{-1}$ )

$\Delta$  - declinação da curva de pressão de vapor saturado com a temperatura  $T_a$  ( $\text{mb } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$R_n$  - radiação líquida da superfície ( $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ )

$\rho$  - densidade do ar ( $\text{g m}^{-3}$ )

$C_p$  - calor específico do ar ( $1,01 \text{ J g}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$e_s(T_a)$  - pressão de vapor de saturação na temperatura do ar (mbar)

$e_a$  - pressão de vapor do ar (mbar)

- $r_a$  - resistência aerodinâmica ( $s\ m^{-1}$ )  
 $r_s$  - resistência da superfície ( $s\ m^{-1}$ )  
 $\gamma$  - constante psicométrica ( $0,5874\ mbar\ ^\circ C^{-1}$ )

$e_a$  e  $e_s$  foram obtidos a partir de tabelas hidrométricas (ANONIMUS, 1978) que relacionam a temperatura do bulbo seco com a do bulbo úmido.

$\lambda$ ,  $\Lambda$ ,  $\rho$  e  $\gamma$  foram obtidos a partir de tabelas que relacionam a temperatura com esses parâmetros (MONTEITH, 1973).

$r_a$  foi obtido a partir da seguinte fórmula (THOM & OLIVER, 1977):

$$r_a = 4,72 (\ln (z/z_0))^2 / (1 + 0,54 u) \text{ onde:}$$

$z$  - altura em que é medido a velocidade do vento (2 m)

$z_0$  - 1/10 da altura da vegetação (0,1m)

O valor de  $r_s$  utilizado foi  $30\ sm^{-1}$ , valor médio estimado por JOHNSON (1981) para locais da região do cerrado do senso lato.

$R_n$  foi obtido a partir da seguinte fórmula:

$$R_n = St (1 - \alpha) - L_n$$

$\alpha$  foi estimado como 0,2 considerando-se que os estudos foram conduzidos em área de campo (MONTEITH, 1973).

$L_n$  foi obtido a partir da seguinte fórmula (ARNFIELD, 1979):

$$L_n = \sigma T^4 (0,261 (\exp (-77 \times 10^{-5} (273 - T_a)^2) \times (1 - 0,8 (1 - n/N)^2))$$

onde:

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzmann ( $5,64 \times 10^{-8}\ Wm^{-2}\ K^{-4}$ )

$n$  - horas de insolação no dia

$N$  - máximo possível de horas de insolação no mês estudado

$T$  - temperatura do ar em  $^\circ K$ .

### 3.5. Balanco de água

Foi feito para cada área de estudo o balanço hídrico segundo o sistema proposto por THORNTON & MATHER (1955). Os períodos considerados correspondiam aos intervalos de tempo entre duas coletas de biomassa feitas nas áreas. Para cada período foram tomados os valores totais de precipitação e evapotranspiração potencial (EP) segundo o método de PENMAN (1948). Os valores da precipitação e das variáveis necessários para o cálculo da EP foram obtidos nas estações meteorológicas do CPAC que encontravam-se mais próximas às áreas de estudo consideradas.

Inicialmente achou-se o Neg.acum. que significa a soma dos valores negativos de  $(P - Ep)$ . Com esses valores entrou-se numa tabela que nos dava a quantidade de água armazenada no solo (Arm). Considerou-se que o solo estudado, devido às suas características, apresentava uma capacidade de campo de 150 mm segundo MOTA (1976). A primeira vez que apareceu um valor positivo de  $(P - Ep)$ , somou-se este valor ao Arm da coleta anterior e obteve-se o Arm deste período. Entrou-se na tabela para através deste Arm obter o Neg.acum. respectivo.

A alteração na quantidade de água no solo (Alt) foi igual ao Arm do período em questão menos o Arm anterior. A evapotranspiração real (ER) era igual à potencial quando o valor  $(P - Ep)$  era positivo. Quando ele era negativo, ER era a soma de P e Alt, sem considerar o sinal. A deficiência de água para a vegetação correspondia à diferença de EP e ER. O excesso de água para o solo era zero, quando o armazenamento não era máximo. Quando isso ocorria, Exc era igual à diferença entre  $(P - Ep)$  e Alt.

## 4 - RESULTADOS

### 4.1. Fatores ambientais

Considerou-se vários fatores do ambiente para estes serem, posteriormente, relacionados com a produção primária líquida de cada área. Os dados dos fatores meteorológicos para relações com as áreas de campo sujo, foram obtidos na estação da chapada do CPAC e os da área *B. decumbens* na estação principal do CPAC. Foram levantados os dados do balanço hídrico (precipitação e evapotranspiração potencial), temperatura, radiação e quantidade de água no solo.

#### 4.1.1. Balanço hídrico

Nas tabelas 4, 5 e 6 tem-se os valores dos componentes do balanço hídrico para cada período entre as coletas, da área testemunha (campo sujo), que sofreu a ação do fogo e da área com *B. decumbens*, respectivamente. Os períodos de coleta eram quinzenais, sendo feita duas áreas numa semana e outra área na semana seguinte. Outra razão de não se ter um balanço hídrico idêntico para as três áreas é o fato dos dados para as áreas terem sido tomados em estações meteorológicas diferentes, conforme a maior proximidade destas com relação a área estudada.

Nas figuras 4, 5 e 6 tem-se a representação gráfica do balanço hídrico para as diferentes áreas de estudo. Com os dados meteorológicos mensais, de janeiro de 1980 ao início das amostragens, foi feito o balanço hídrico para se ter o Neg.acum. do início dos experimentos.

Ao se observar os três gráficos, no geral, percebe-se em sequência um curto período de deficit de água, uma reposição de água no solo até atingir sua capacidade de campo, um excesso de água no sistema, retirada de água do solo acompanhado de uma deficiência hídrica, uma nova reposição de água no solo, um excesso de água e novo deficit e retirada de água do solo.

O deficit inicial corresponde ao fim da época seca. Tem-se logo após, a época das chuvas culminando com um excesso de água no sistema. No período de janeiro e fevereiro, ocorreu novamente um deficit de água que corresponde ao veranico, que no ano de 1981 foi bastante severo (o veranico equivale a um período no meio da época das chuvas em que se tem uma seca temporária). Novamente voltou a haver um excesso devido à volta das chuvas e logo após um novo deficit que corresponde ao início da época da seca.

Considerando-se a época das chuvas como o período de maior crescimento da vegetação, observa-se através dos gráficos que este período foi amostrado quanto à biomassa presente.

#### 4.1.2. Radiação e temperatura

Foi achado os valores mensais de certos fatores do ambiente de maio de 1980 a abril de 1981 e comparado com as médias de 30 anos (1930 a 1960) da estação meteorológica de Formosa. Teve-se como objetivo verificar se os fatores meteorológicos mais representativos, no período de estudo, apresentaram diferenças da média mensal esperada.

Na figura 7 tem-se o histograma da precipitação mensal, incluindo o tempo de estudo. Comparando-se os da-

dos observados com os dados de precipitação mensal média de 1930 a 1960 da estação de Formosa, observa-se que o período de estudo apresentou certas diferenças. A variação mais significativa foi a observada no mês de fevereiro, que apresentou uma precipitação muito baixa devido a ocorrência de um veranico severo. Já em março de 1981, observou-se uma precipitação bem maior do que a média esperada.

Na figura 8 tem-se dados de temperatura média mensal do ar e na figura 9 a umidade relativa média mensal. Em ambos tem-se dados obtidos na estação principal do CPAC. Nesses fatores não se observa grandes variações entre os dados obtidos e os esperados.

Foi obtido o total de radiação solar ( $\text{MJm}^{-2}$ ) e a temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ) para cada período de estudo, em cada área. Esses dados se encontram, para a área de campo sujo natural na figura 10; que sofreu a ação do fogo na figura 11; e da *B. decumbens* na figura 12.

Observa-se uma certa variação na quantidade de radiação solar. A temperatura apresentou uma pequena variação no período de estudo.

#### 4.1.3. Umidade do solo

Foram obtidas as porcentagens de peso d'água em relação ao peso do solo para profundidades de 15cm a 15cm. Para efeito de estudo foram tiradas as médias das porcentagens obtidas para cada dia de coleta entre as profundidades de 0 a 30cm, 30cm a 60cm, 60cm a 90cm.

Na figura 13 tem-se a porcentagem de água no solo para a área testemunha (campo sujo de Cerrado) e na figura 14 para a área que sofreu a ação do fogo.

Na figura 15 tem-se perfis de água no solo em quatro situações distintas; umedecendo, úmido, secando e seco. Observa-se que a capacidade de campo deste solo fica entre 15% e 30% de água no solo.



Tabela 4 - Valores do balanço hídrico da área testemunha segundo THORNTON & MATHER (1955). Ep corresponde a evapotranspiração potencial, P a precipitação total, Neg. acum. a soma dos valores negativos de (P - Ep), Arm a quantidade de água armazenada no solo, Alt a alteração no solo quanto a quantidade de água armazenada, Er a evapotranspiração real, Def a deficiência de água para a vegetação e Exc a quantidade de água em excesso no solo. Todos os dados se encontram em mm.

Período	Ep	P	P-Ep	Neg. acum.	Arm	Alt	Er	Def	Exc
9/10 a 24/10	109	13	-96	-1170	13	0	13	96	0
1/10 a 7/11	94	70	-24	-1194	13	0	70	24	0
7/11 a 21/11	61	111	50	-128	63	50	61	0	0
1/11 a 4/12	46	148	102	0	150	87	46	0	15
4/12 a 18/12	55	151	96	0	150	0	55	0	96
3/12 a 8/01	99	154	55	0	150	0	99	0	55
3/01 a 22/01	68	128	60	0	150	0	68	0	60
2/01 a 5/02	62	55	-7	-7	143	-7	62	0	0
5/02 a 19/02	80	7	-73	-80	87	-56	63	18	0
9/02 a 5/03	81	0	-81	-161	51	-36	36	45	0
5/03 a 19/03	57	46	-11	-172	44	-7	53	4	0
9/03 a 2/04	43	246	203	0	150	106	43	0	97
2/04 a 15/04	64	20	-44	-44	112	-38	58	6	0

ela 5 - Valores do balanço hídrico da área que sofreu a ação do fogo segundo THORNTHWAITTE & MATHER (1955). Ep corresponde a evapotranspiração potencial, P a precipitação total, Neg. acum. a soma dos valores negativos de  $(P - Ep)$ , Arm a alteração no solo quanto a quantidade de água armazenada, Er a evapotranspiração real, Def a deficiência de água para a vegetação e Exc a quantidade de água em excesso no solo. Todos os dados se encontram em mm.

Período	Ep	P	P-Ep	Neg. Acum.	Arm	Alt	Er	Def	Exc
/10 a 7/11	105	70	-35	-1028	13	0	70	35	0
/11 a 20/11	58	105	47	-134	60	47	58	0	0
/11 a 4/12	51	153	102	0	150	90	51	0	12
/12 a 17/12	52	143	91	0	150	0	52	0	91
/12 a 8/01	101	154	53	0	150	0	101	0	53
/01 a 29/01	90	153	63	0	150	0	90	0	63
/01 a 12/02	86	38	-48	-48	108	-42	80	6	0
/02 a 26/02	73	10	-63	-111	71	-37	47	26	0
/02 a 12/03	71	23	-48	-159	51	-20	45	28	0
/03 a 26/03	49	199	150	0	150	99	49	0	51
/03 a 9/04	46	89	43	0	150	0	46	0	43
/04 a 23/04	59	4	-55	-55	103	-47	51	8	0

Tabela 6 - Valores do balanço hídrico da área de pastagem artificial (*Brachiaria decumbens* cv. australiana) segundo THORNTON & MATHER (1955). Ep corresponde a evapotranspiração potencial, P a precipitação total, Neg. acum. a soma dos valores negativos de (P - Ep), Arm a quantidade de água armazenada no solo, Alt a alteração no solo quanto a quantidade de água armazenada, Er a evapotranspiração real, Def a deficiência de água para a vegetação e Exc a quantidade de água em excesso no solo. Todos os dados se encontram em mm.

Período	Ep	P	P-Ep	Neg. acum.	Arm	Alt	Er	Def	Exc
1/10 a 16/10	89	10	-79	-1072	13	0	10	79	0
16/10 a 31/10	124	13	-111	-1183	13	0	13	111	0
31/10 a 14/11	47	111	64	-98	77	64	47	0	0
14/11 a 27/11	56	46	-10	-108	72	-5	51	5	0
27/11 a 11/12	44	144	100	0	150	78	44	0	22
11/12 a 30/12	56	134	78	0	150	0	56	0	78
30/12 a 15/01	66	121	55	0	150	0	66	0	55
15/01 a 29/01	61	86	25	0	150	0	61	0	25
29/01 a 12/02	73	66	-7	-7	143	-7	73	0	0
12/02 a 26/02	80	0	-80	-87	83	-60	60	20	0
26/02 a 12/03	70	37	-33	-120	66	-17	54	16	0
12/03 a 26/03	45	256	211	0	150	84	45	0	127
26/03 a 9/04	48	87	39	0	150	0	48	0	39
9/04 a 23/04	55	6	-49	-49	107	-43	49	6	0

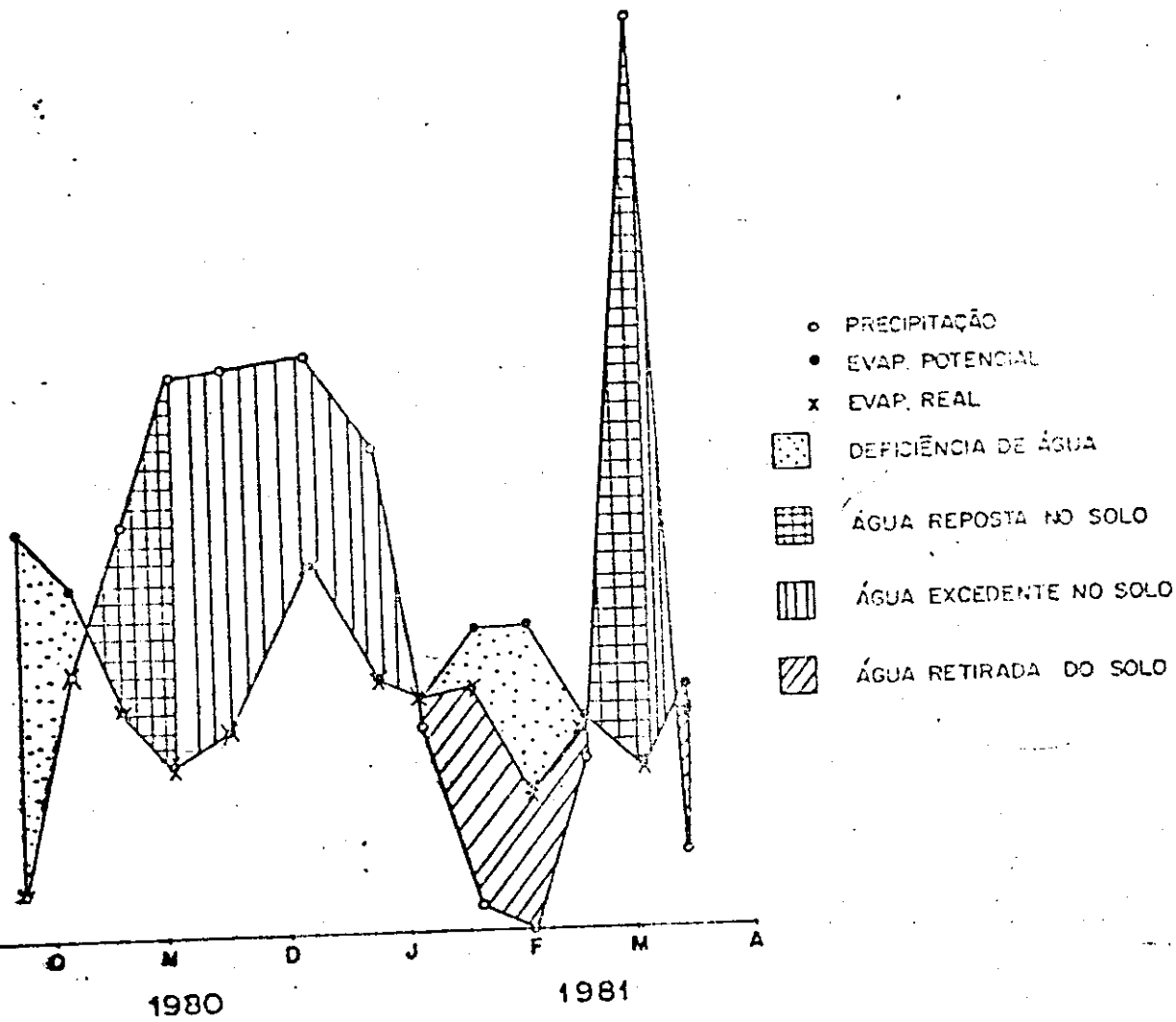


Figura 4 - Balanço hídrico da área testemunha segundo THORNTHWAITTE & MATHER (1955).

(é assinalado no eixo x o último dia do mês em questão).

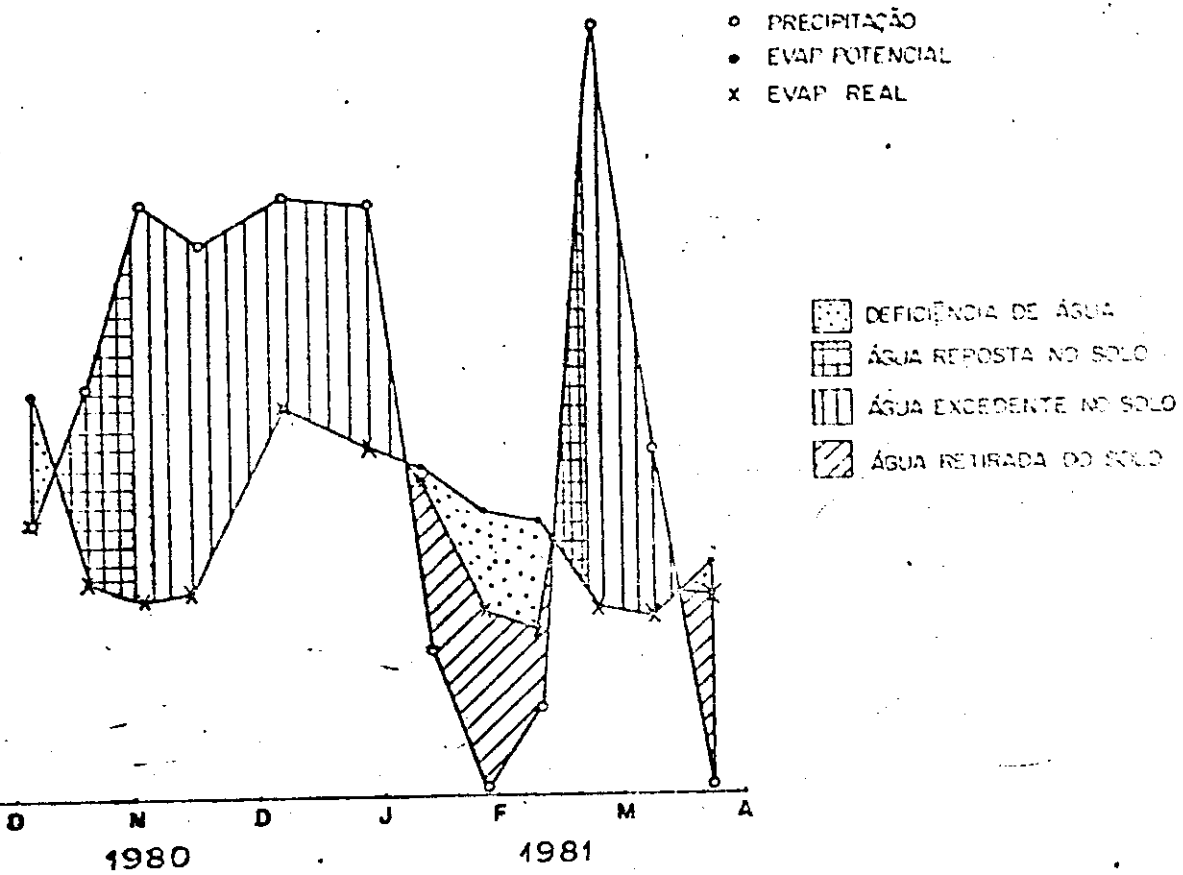


Figura 5 - Balanço hídrico da área que sofreu a ação do fogo segundo THORNTON & MATHER (1955).  
(é assinalado no eixo x o último dia do mês em questão).

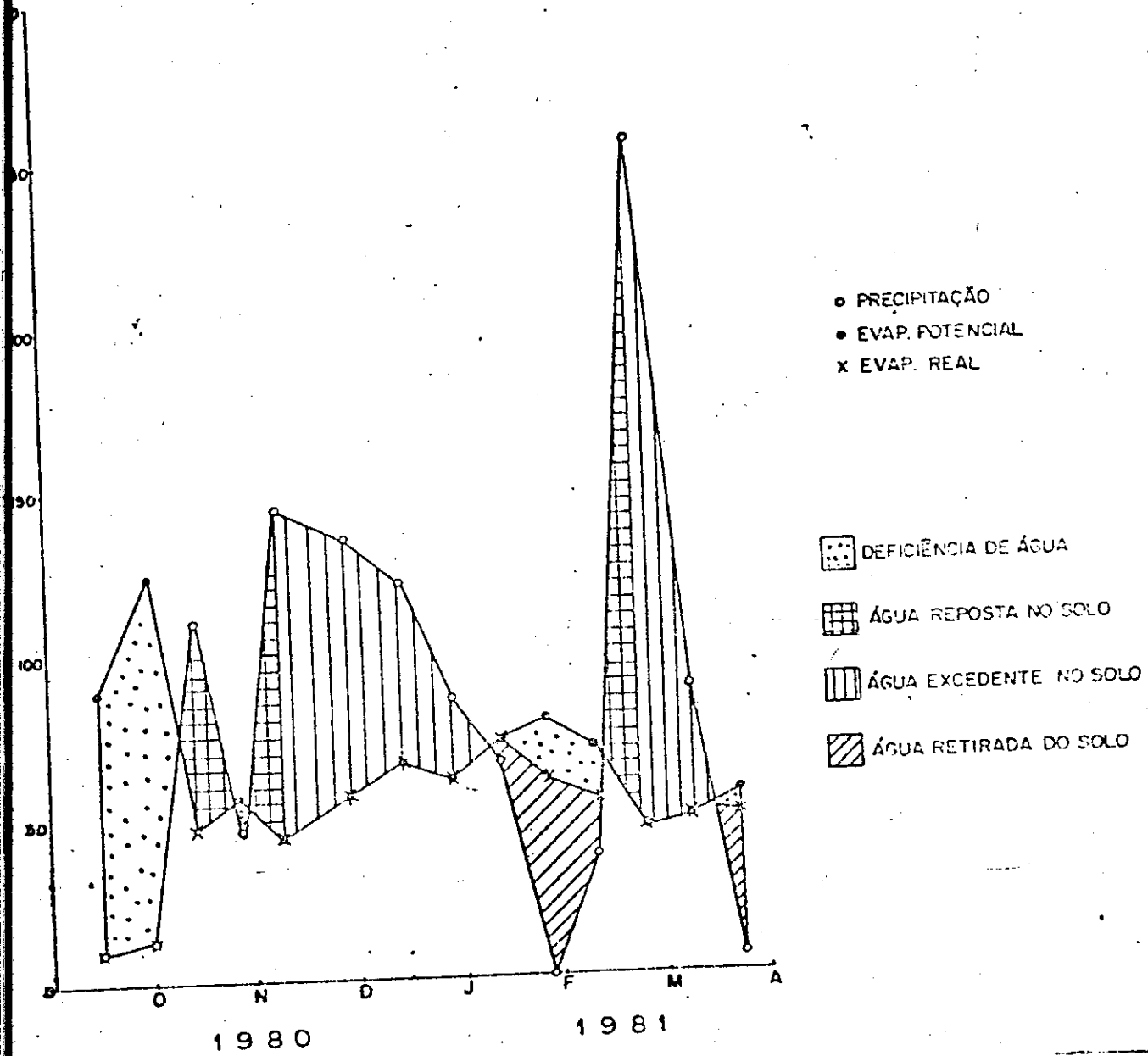


Figura 6 - Balanço hídrico da área de pastagem artificial (*E. decumbens*) segundo THORNTWHAITE & MATHER (1955).

(é assinalado no eixo x o último dia do mês em questão).

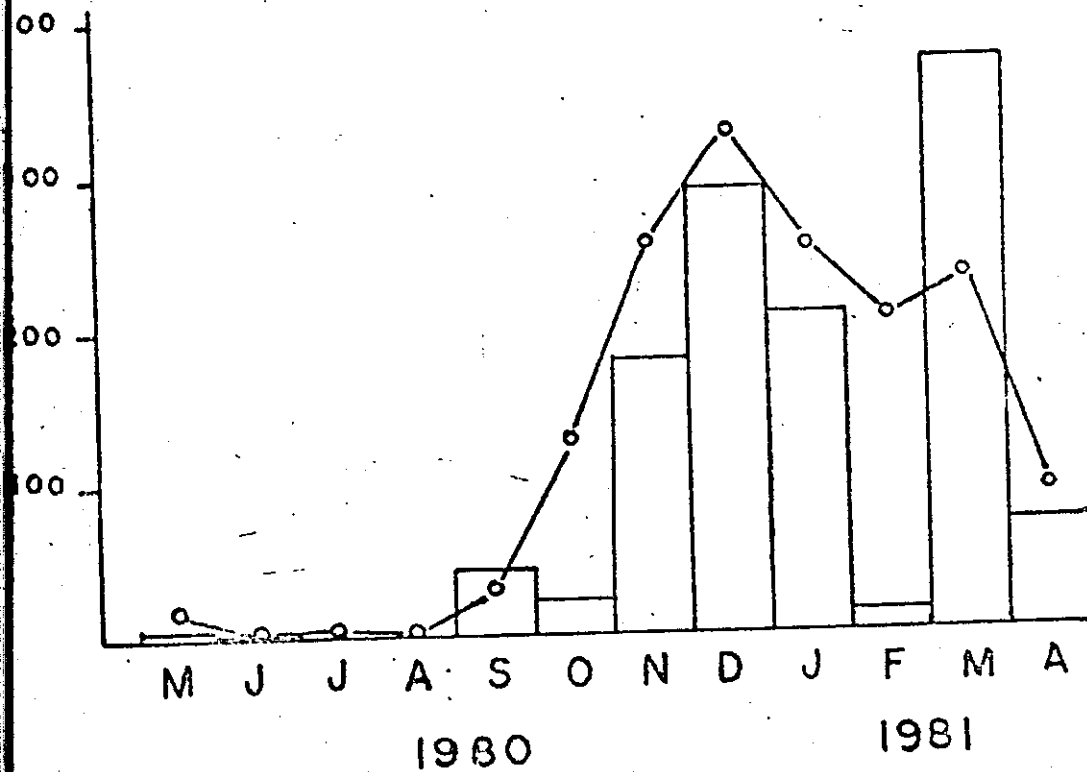


Figura 7 - Precipitação total mensal. O histograma corresponde aos dados de maio de 1980 a abril de 1981 da estação principal do CPAC. A linha contínua corresponde às médias de 1930 e 1960 da estação meteorológica de Formosa.

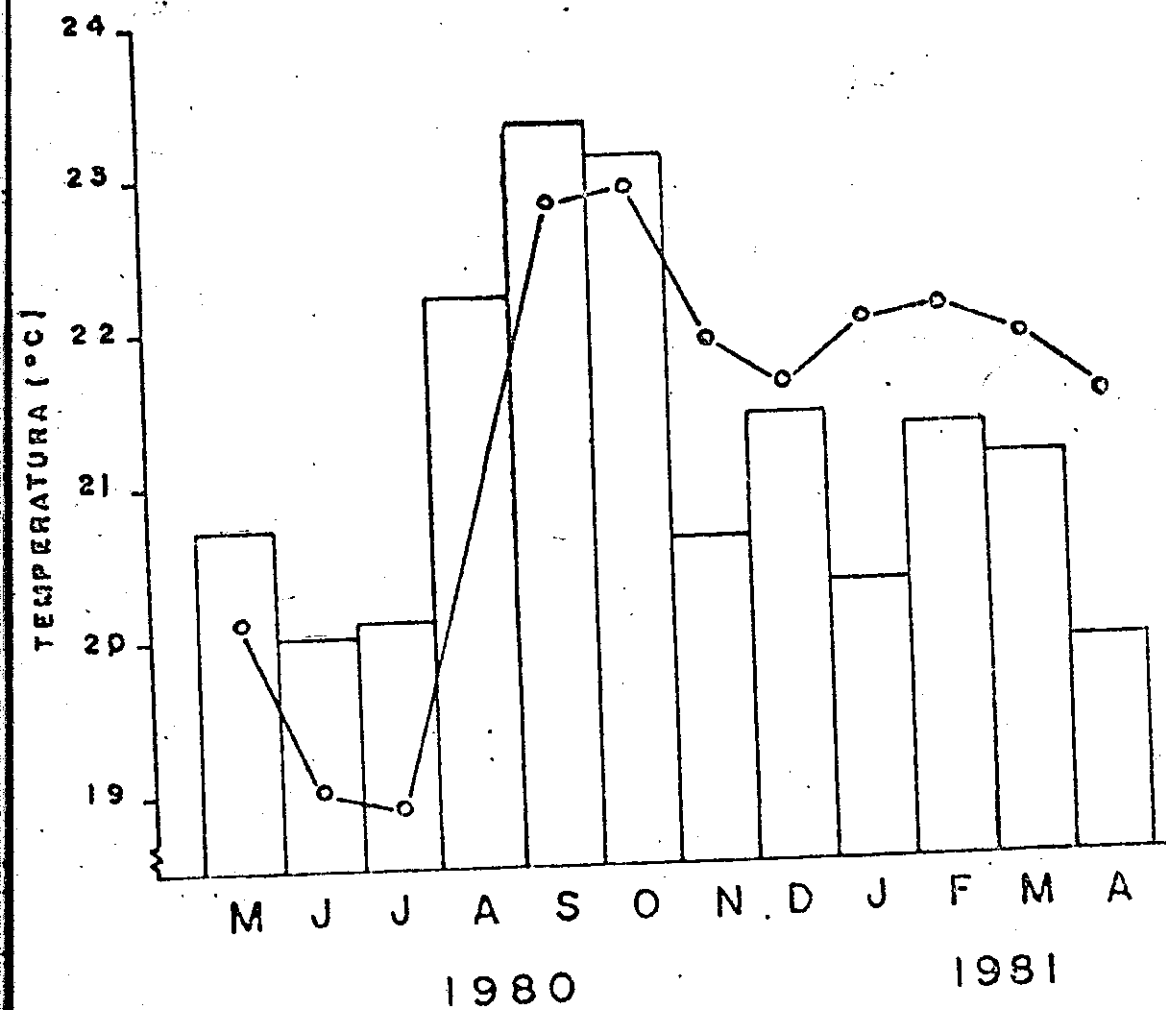


Figura 8 - Temperatura média mensal. O histograma corresponde aos dados de maio de 1980 a abril de 1981 da estação principal do CPAC. A linha contínua corresponde às médias de 1930 a 1960 da estação meteorológica de Formosa.



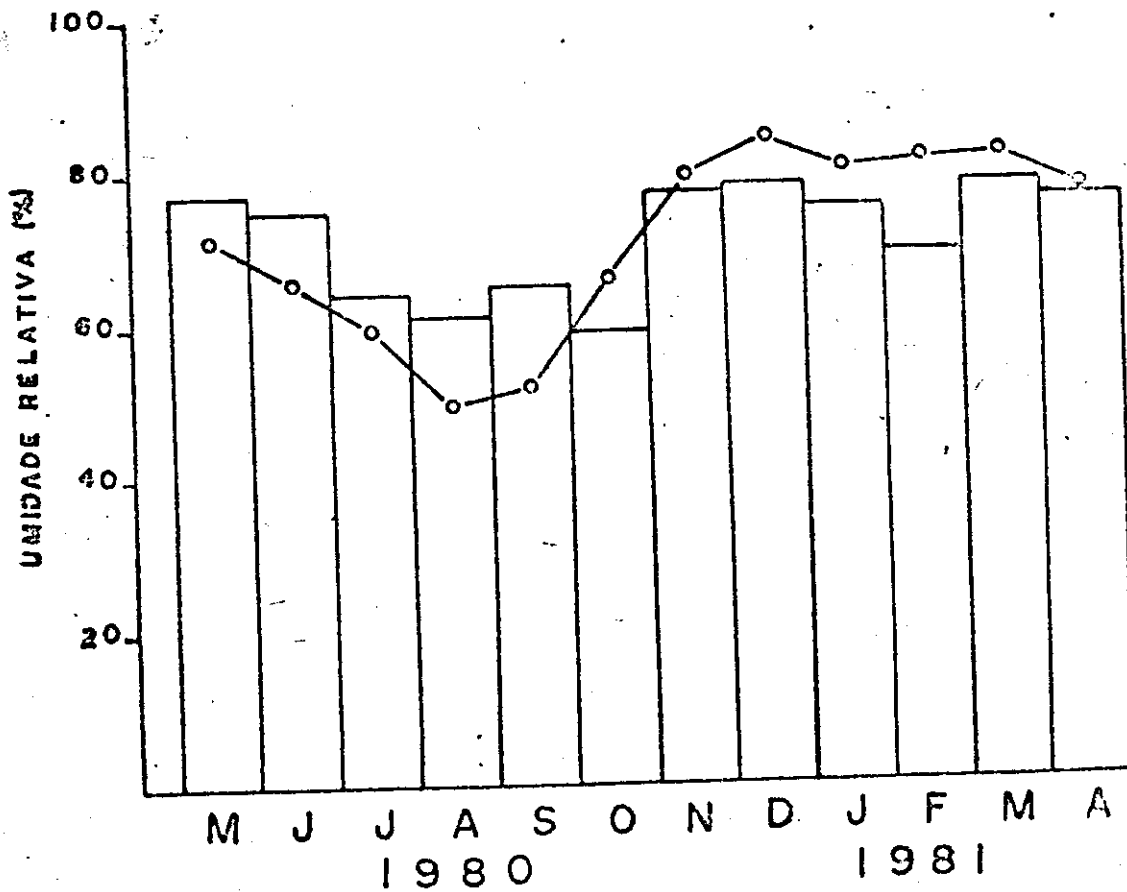


Figura 9 - Umidade relativa média mensal. O histograma corresponde aos dados de maio de 1980 a abril de 1981 da estação principal do CPAC. A linha contínua corresponde às médias de 1930 a 1960 da estação meteorológica de Formosa.

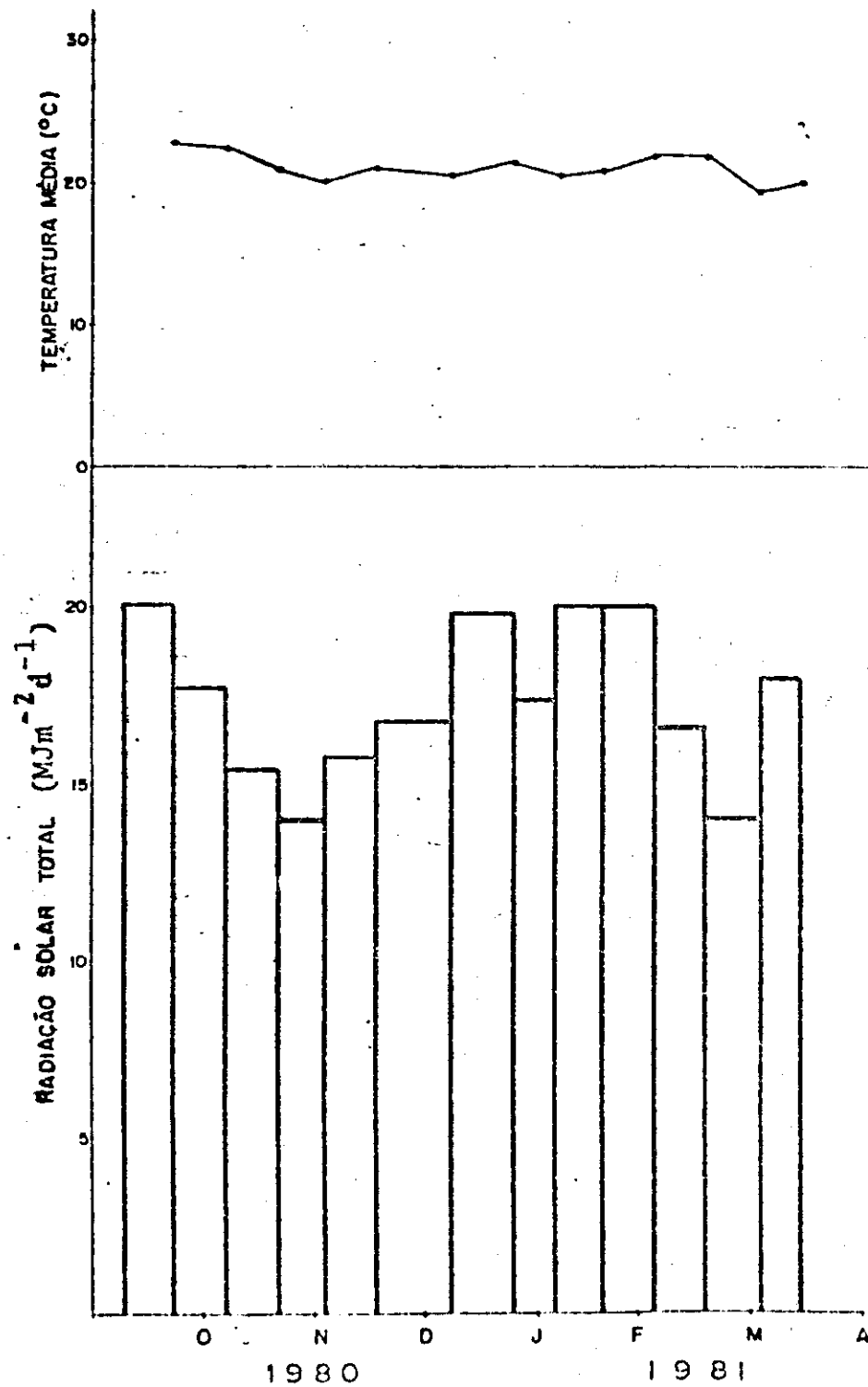


Figura 10 - Radiação solar total e temperatura média de cada período de estudo na área testemunha (campo sujo de Cerrado).

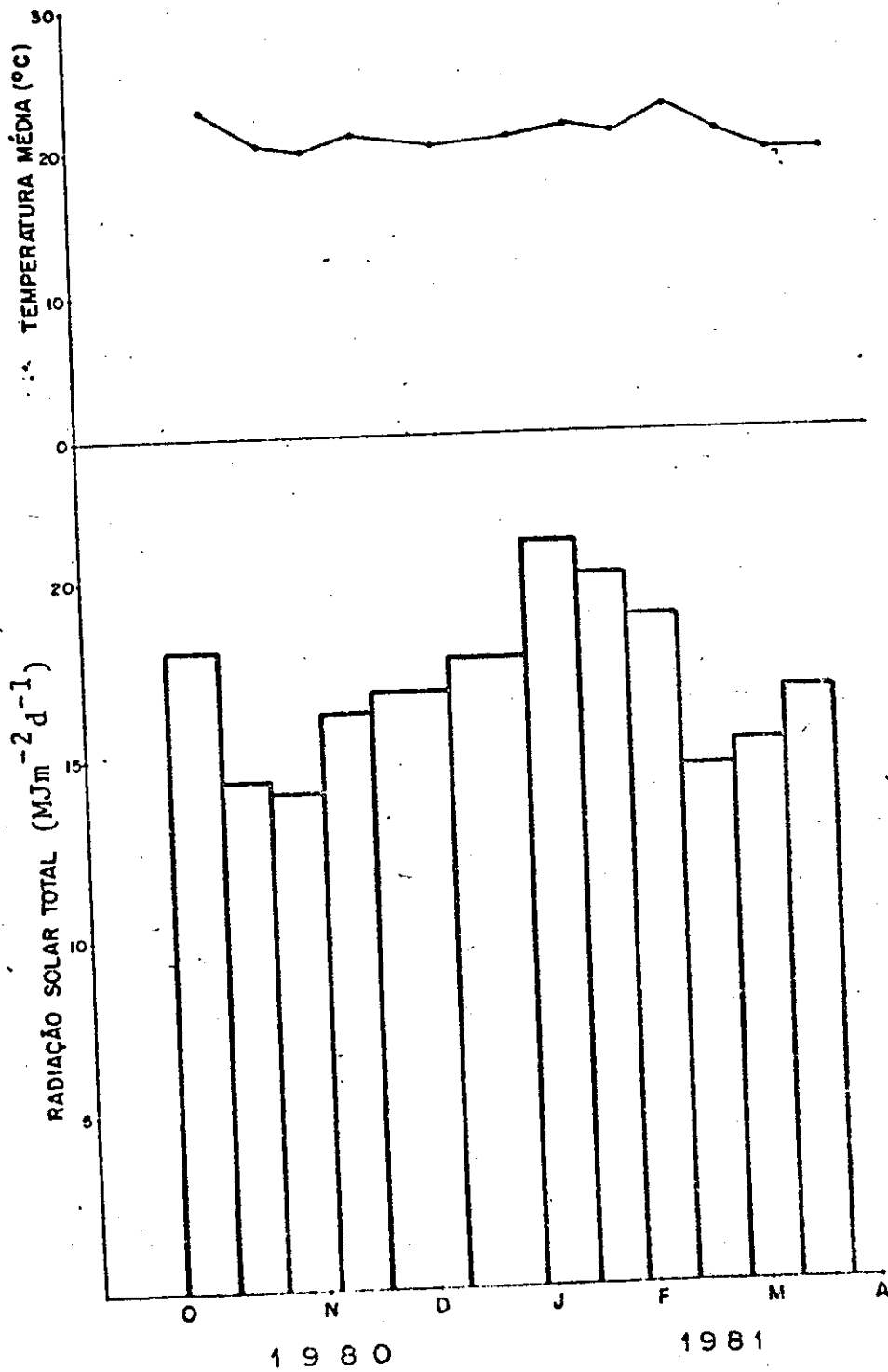


Figura 11 - Radiação solar total e temperatura média de cada período de estudo na área de campo sujo que sofreu a ação do fogo.

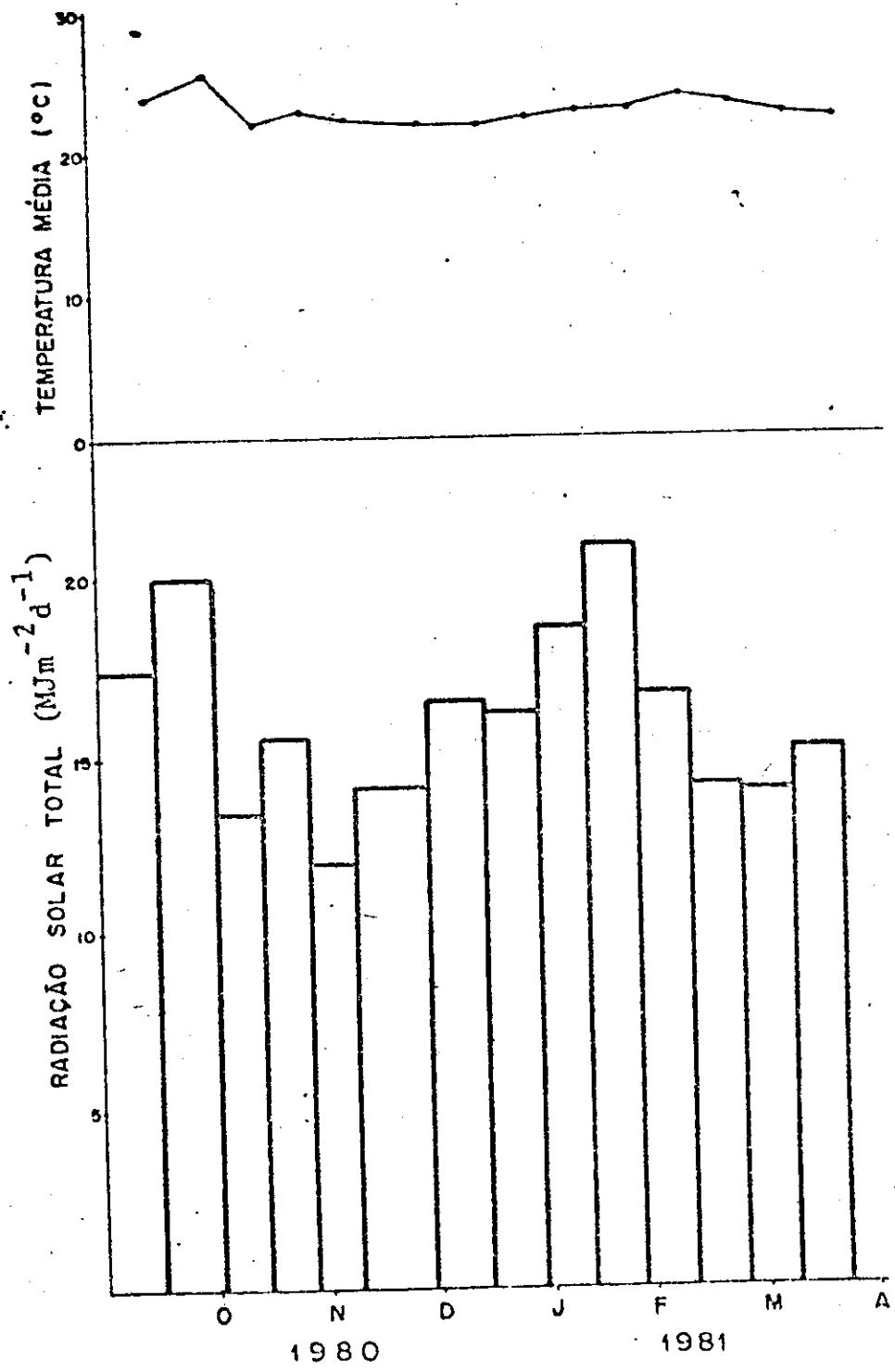


Figura 12 - Radiação solar total e temperatura média de cada período de estudo na área de pastagem artificial (*B. decumbens*).

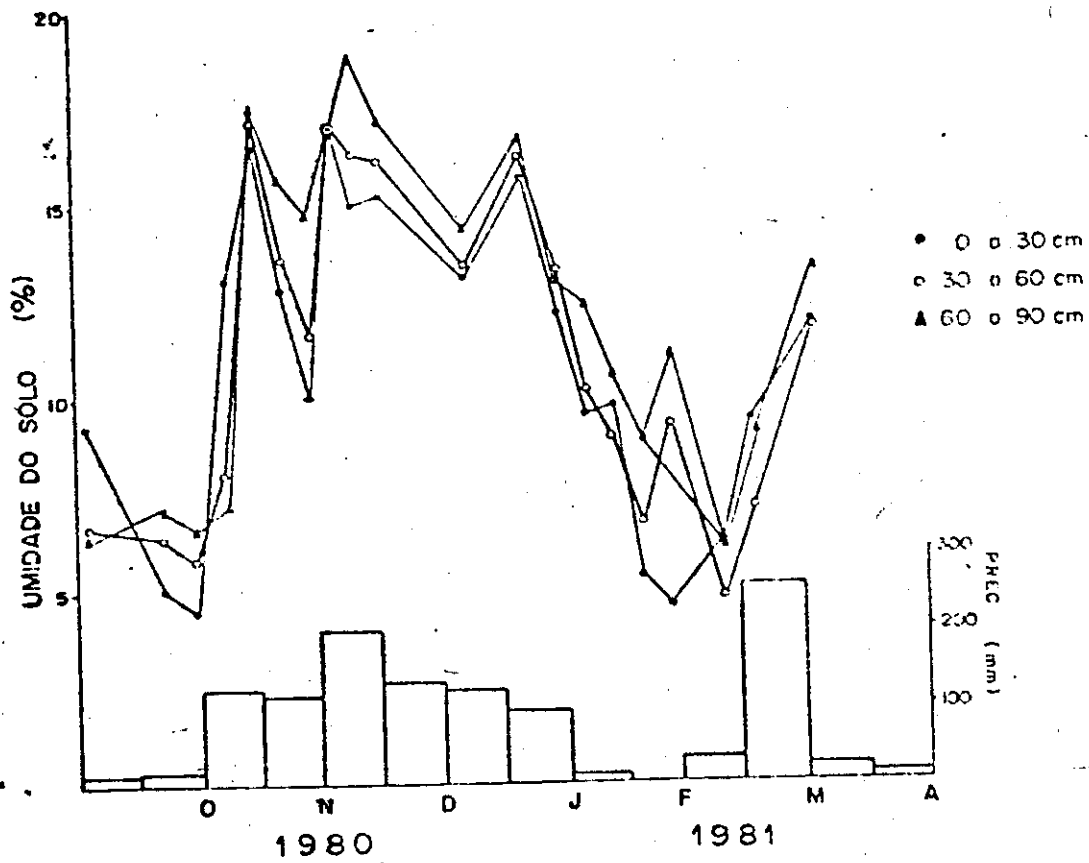


Figura 13 - % de água no solo obtida em diferentes profundidades na área testemunha (campo sujo natural). (é assinalado no eixo x o último dia do mês em questão).

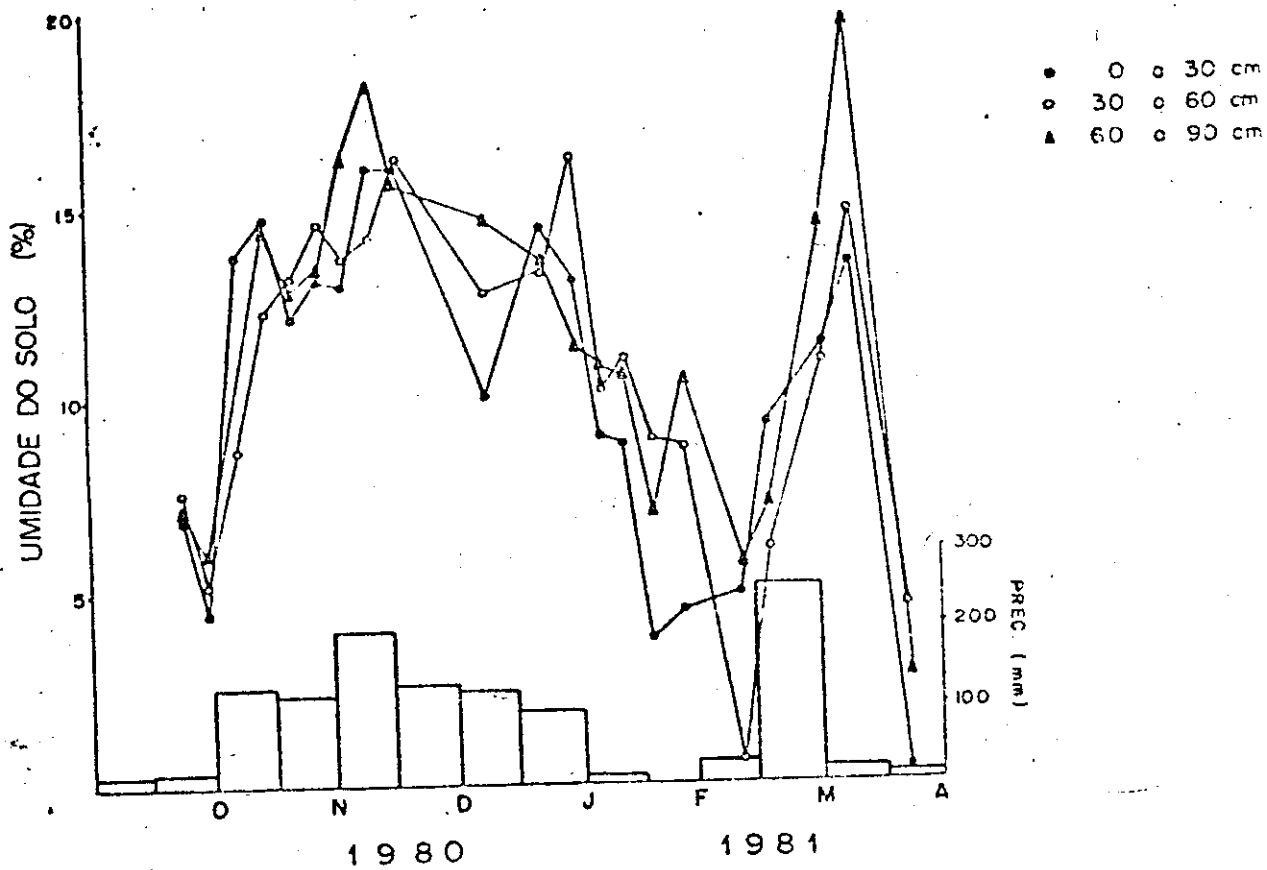


Figura 14 - % de água no solo obtida em diferentes profundidades na área que sofreu a ação do fogo. (é assinalado no eixo x o último dia do mês em questão).

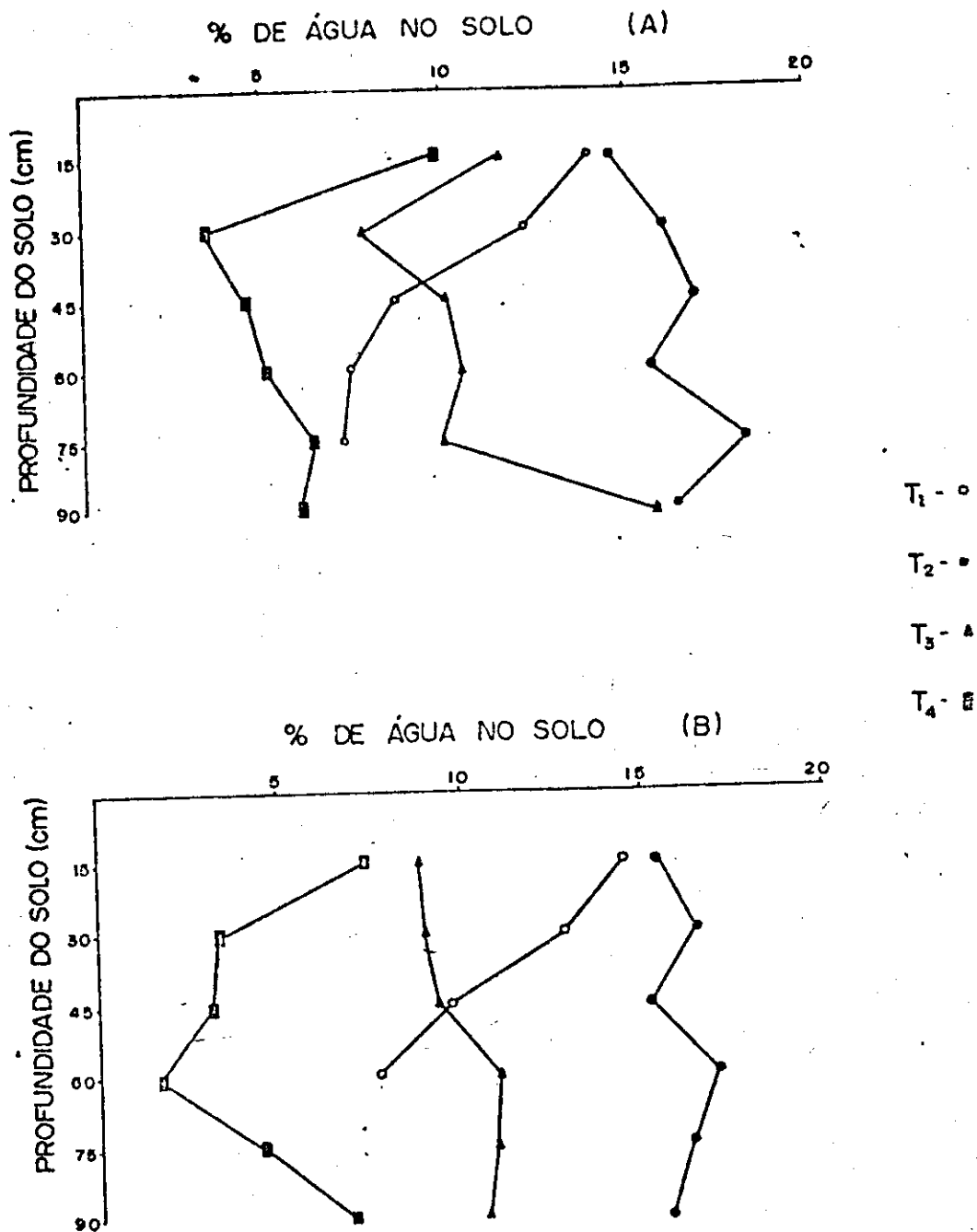


Figura 15 - Perfis da % de água no solo. A corresponde aos dados da área testemunha e B da área que sofreu a ação do fogo. T<sub>1</sub> demonstra o solo em estado de umedecimento, T<sub>2</sub> umedecido, T<sub>3</sub> secando e T<sub>4</sub> seco.

#### 4.2. Biomassa e produção primária líquida aérea (PPLA)

Nas tabelas 7, 8 e 9 tem-se os dados de biomassa viva e morta com um desvio padrão e os valores mínimos e máximos obtidos nas coletas da área testemunha, que sofreu a ação do fogo e cultivada com *B. decumbens*, respectivamente. Através destas tabelas pode se observar a variabilidade dos dados obtidos em cada coleta.

Nas figuras 16, 17 e 18 tem-se os gráficos representando a biomassa viva e morta, com um erro padrão para cada área de estudo. Na figura 16 (área testemunha) observa-se que a biomassa viva apresentou uma pequena variação nos valores. No caso da biomassa morta, a variação se mostrou bem maior. O maior valor de biomassa viva com seu erro padrão ( $97,4 \pm 7,6 \text{ gm}^{-2}$ ), foi obtido no dia 15/4 e o de biomassa morta ( $473,1 \pm 54,9 \text{ gm}^{-2}$ ) no dia 4/12. Na figura 17 (da área que sofreu a ação do fogo) observa-se que a biomassa viva é sempre maior que a biomassa morta e que as duas aumentam gradativamente. O pico de biomassa viva com seu erro padrão observado ( $158,1 \pm 9,64 \text{ gm}^{-2}$  em 26/3) foi maior que o pico observado na área testemunha. O pico de biomassa morta foi de  $65,84 \pm 6,6 \text{ gm}^{-2}$  obtido também no dia 26/3. Na figura 18 tem-se a biomassa da área cultivada com *B. decumbens*. Nos dados iniciais, que foram obtidos no final da época seca, observa-se que a quantidade de material morto é bem maior que a de material vivo. No início de dezembro este fato se inverte e o material morto passa a ter valores menores que a de material vivo, coincidindo com o início do excesso de água no sistema (ver figura 6). O pico de biomassa com seu erro padrão foi  $272,9 \pm 23,0 \text{ gm}^{-2}$  em 23/4 e o de biomassa morta  $154,6 \pm 18,1 \text{ gm}^{-2}$  em 11/12.



Na tabela 10 tem-se os valores da PPLA e a taxa de crescimento relativo (TCR) para cada período de coleta, e em cada área de estudo. O TCR é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$TCR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1}$$

onde:

$W_2$  - peso seco da biomassa vegetal viva no tempo  $T_2$ ;

$W_1$  - peso seco da biomassa vegetal viva no tempo  $T_1$ .

A PPLA do período de crescimento, com seu erro padrão, na área testemunha foi  $108 \pm 26 \text{ gm}^{-2}$ , na área que sofreu a ação do fogo  $176 \pm 33 \text{ gm}^{-2}$  e na área de *B. decumbens*  $395 \pm 93 \text{ gm}^{-2}$ .

Na figura 19 tem-se os valores da relação entre biomassa aérea morta e a biomassa aérea viva em cada dia de coleta, para cada área de estudo.

#### 4.3. Relações entre a produção primária líquida aérea e fatores ambientais

Na tabela 11 tem-se os coeficientes de correlação entre a produção e biomassa de material morto com relação a diferentes fatores do ambiente para as três áreas de estudo. A produção viva corresponde ao incremento de biomassa viva ocorrido entre duas coletas consecutivas e o material morto a quantidade de biomassa morta obtida em cada dia de coleta. Os valores dos fatores ambientais foram obtidos da seguinte maneira para cada período amostral:

- . precipitação - somatório dos valores, diários de chuva;
- . evapotranspiração potencial - somatório dos valores diários de evapotranspiração potencial obtidos pela fórmula do Penman;
- . radiação - somatório da radiação solar total diária;
- . temperatura - média das temperaturas médias diárias;
- . % de H<sub>2</sub>O no solo em diferentes profundidades - média de duas leituras pertencentes a cada período amostral.

Na área testemunha obteve-se um coeficiente de correlação de 0,47 entre a produção e a precipitação. Uma correlação positiva ( $p < 0,05$ ) foi obtida entre a produção, ( $Y_1$ ) e a % de água nas profundidades de 60 a 90cm ( $X_{11}$ ) apresentando a seguinte equação de reta da regressão correspondente:

$$Y_1 = 1,7 X_{11} - 12,5$$

Na área que sofreu ação do fogo obteve-se apenas uma correlação positiva, que foi entre a produção de material vivo ( $Y_2$ ) e a precipitação ( $X_{21}$ ). A equação da reta de regressão correspondente é a seguinte:

$$Y_2 = 0,2 X_{21} - 4,4$$

Na área plantada com *B. decumbens* a maior correlação foi entre a precipitação ( $r=0,29$ ). Houve uma correlação positiva ( $p < 0,05$ ) entre o material morto bruto ( $Y_3$ ) e a evapotranspiração potencial ( $X_{31}$ ) com a seguinte equação da reta de regressão:

$$Y_3 = 0,1 X_{31} + 103,7$$

Foi obtida a eficiência da vegetação na produção de matéria seca dividindo-se a energia produzida pela vegetação sobre o total de radiação fotossinteticamente ativa recebido durante um certo período de tempo. Obteve-se a radiação ativa para a fotossíntese através da divisão por dois da radiação solar total. Para

converter  $\text{gm}^{-2}$  produzido em cada período amostral para  $\text{KJm}^{-2}$ , LIETH (1968b) afirma ser aceitável a média de 16,7 KJ/g para as comunidades herbáceas.

Obtiveram-se as seguintes eficiências, com seu erro padrão, para cada área de estudo:

- . área testemunha -  $0,12 \pm 0,03\%$
- . área que sofreu a ação do fogo -  $0,19 \pm 0,04\%$
- . área cultivada com *B. decumbens* -  $0,40 \pm 0,09\%$

Na tabela 12 tem-se os valores das correlações múltiplas entre a produção de material vivo e o total de material morto com dois blocos principais de dados. No primeiro conjunto se encontram os dados meteorológicos diretos, são eles: precipitação, radiação e temperatura. No segundo conjunto tem-se os valores de porcentagem de  $\text{H}_2\text{O}$  em todas as profundidades coletadas. Tanto na área testemunha quanto na que sofreu a ação do fogo, a quantidade de água no solo foi que mostrou maior correlação. Isso não pode ser constatado na área cultivada com *B. decumbens* pois aí não foram feitas coletas de solo para o cálculo da % de água.

Tabela 7 - Peso seco médio da biomassa vegetal em  $g/m^2$  ( $\bar{X}$ ) do material vivo e morto com um desvio padrão (s) e os valores mínimos e máximos obtidos na área testemunha (campo sujo natural).

Data	Biomassa viva $g/m^2$				Biomassa morta $g/m^2$			
	$\bar{X}$	s	Min	Max	$\bar{X}$	s	Min	Max
9/10	58,9	15,1	41,0	72,0	355,0	64,8	269,0	451,2
24/10	67,8	18,1	38,7	100,0	288,3	73,3	138,9	379,8
7/11	64,7	16,8	52,7	90,7	323,7	50,6	259,5	412,4
21/11	77,0	14,5	52,6	93,6	273,3	126,8	148,7	585,0
4/12	51,6	16,3	22,4	73,5	473,1	173,6	287,5	724,1
18/12	94,3	25,4	47,7	121,5	389,9	122,4	254,3	677,5
8/01	78,4	18,9	55,6	106,5	246,1	53,9	152,6	316,7
22/01	86,8	7,6	80,0	98,9	351,9	52,5	274,6	417,2
5/02	83,9	31,9	56,6	118,0	204,5	66,1	118,9	310,0
19/02	90,8	23,3	58,9	139,8	191,8	71,3	90,5	296,0
5/03	76,0	21,5	35,8	98,0	223,9	72,8	131,7	344,3
19/03	68,2	16,6	53,0	95,0	207,6	36,0	148,5	246,2
2/04	90,7	23,4	49,0	120,1	179,8	44,8	103,7	226,5
15/04	97,4	23,9	70,9	129,6	224,4	59,9	146,0	316,4

Tabela 8 - Peso seco médio da biomassa vegetal em  $g/m^2$  ( $\bar{X}$ ) do material vivo e morto com um desvio padrão ( $s$ ) e os valores mínimos e máximos obtidos na área que sofreu a ação do fogo.

Data	Biomassa viva $g/m^2$				Biomassa morta $g/m^2$			
	$\bar{X}$	$s$	Min	Max	$\bar{X}$	$s$	Min	Max
23/10	13,4	7,5	4,9	27,4	0,0	0,0	0,0	0,0
7/11	16,4	8,0	10,0	30,0	4,8	2,9	2,0	10,5
20/11	30,3	11,2	15,5	43,0	10,1	6,7	3,0	24,0
4/12	36,4	14,4	16,2	68,1	6,1	2,9	2,0	11,6
17/12	78,8	16,0	57,4	108,6	5,9	2,1	3,4	10,0
8/01	74,2	20,4	50,0	96,7	13,7	5,6	7,0	27,0
29/01	103,8	30,8	64,6	151,4	27,3	8,6	20,0	36,7
12/02	111,0	56,4	54,8	241,0	22,1	5,6	13,0	30,2
26/02	84,5	34,2	63,0	178,0	20,9	8,2	4,8	34,7
12/03	92,9	22,5	42,8	126,5	24,9	9,5	9,4	42,2
26/03	158,1	30,5	123,7	213,8	65,8	20,8	36,0	105,2
9/04	111,3	43,9	69,6	177,0	25,2	6,4	16,3	34,0
23/04	89,8	17,0	53,3	110,5	26,4	10,2	8,9	33,0

Tabela 9 - Peso seco médio da biomassa vegetal em  $g/m^2$  ( $\bar{X}$ ) de material vivo e morto com um desvio padrão (s) e os valores mínimos e máximos obtidos na área de pastagem artificial (*P. decumbens*).

Data	Biomassa viva $g/m^2$				Biomassa morta $g/m^2$			
	$\bar{X}$	s	Min	Max	$\bar{X}$	s	Min	Max
01 1/10	51,8	24,1	18,1	75,4	126,2	42,1	58,2	193,8
16 16/10	49,8	9,4	32,6	58,7	124,8	33,5	66,9	179,7
31 31/10	38,8	17,0	8,3	58,3	124,0	44,4	56,0	176,2
45 14/11	53,7	18,9	30,0	69,5	123,2	40,2	84,0	207,2
58 27/11	87,8	29,4	58,1	130,5	152,4	56,6	67,2	236,2
72 11/12	214,2	85,2	64,3	337,4	154,6	57,2	75,2	222,7
91 30/12	151,6	18,8	124,0	183,2	115,0	26,7	73,5	150,0
107 15/01	108,5	69,1	75,5	302,2	95,6	33,5	54,2	155,5
121 29/01	232,0	112,6	123,8	432,4	95,3	24,0	65,9	133,6
135 12/02	219,6	95,4	131,8	422,4	77,2	22,4	47,7	122,0
149 26/02	266,2	100,2	160,0	502,1	71,4	18,6	42,4	113,0
163 12/03	223,8	85,5	113,9	408,1	87,2	15,1	60,3	107,3
177 26/03	267,5	65,9	177,8	404,2	93,2	25,5	57,2	125,9
191 9/04	268,2	68,5	143,4	400,5	102,2	34,7	67,3	152,4
205 23/04	272,9	72,6	131,8	382,4	127,0	42,0	71,1	180,0

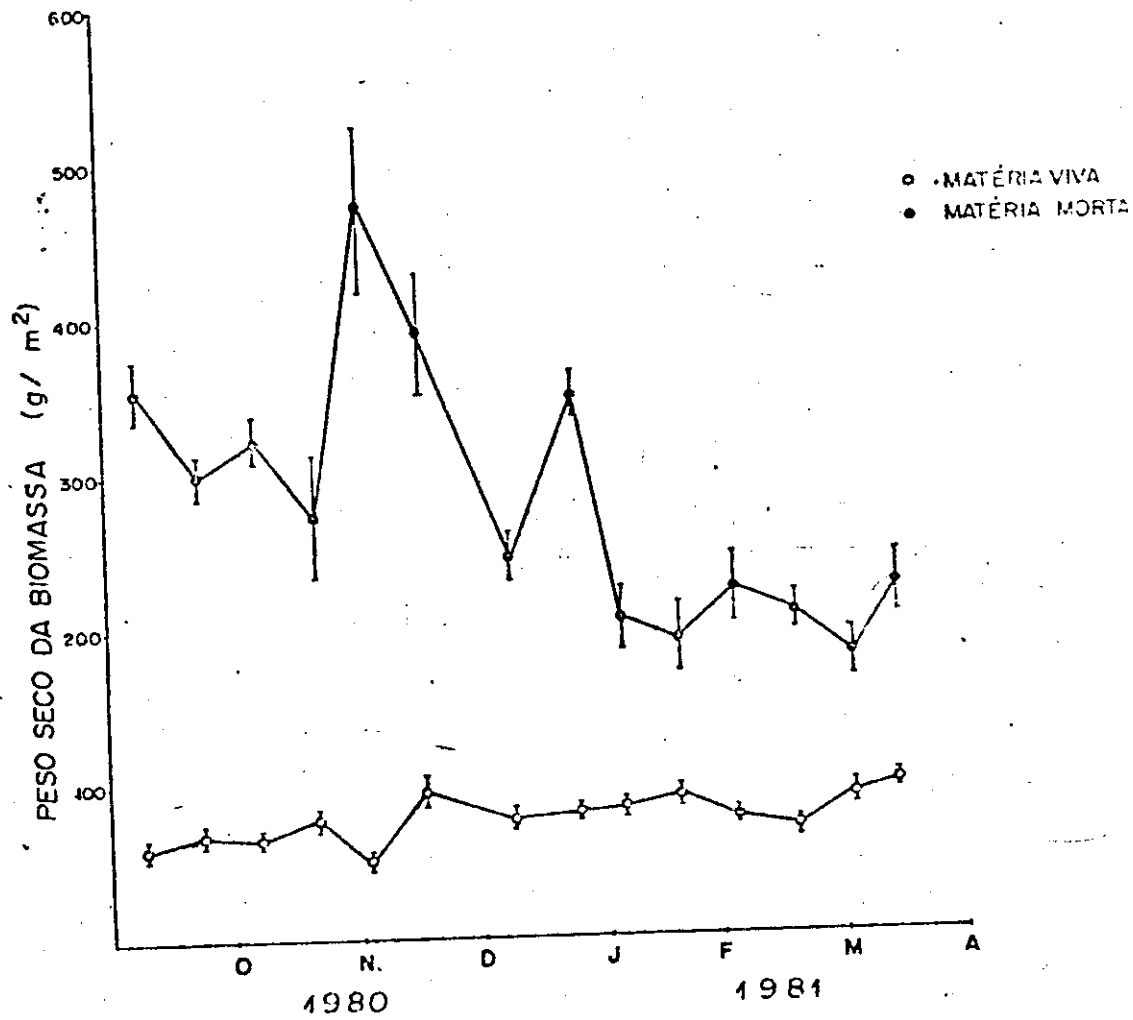


Figura 16 - Variação da biomassa aérea da área testemunha.  
 Tem-se os valores médios  $\pm$  um erro padrão.

(é assinalado no eixo x o último dia do mês em questão).

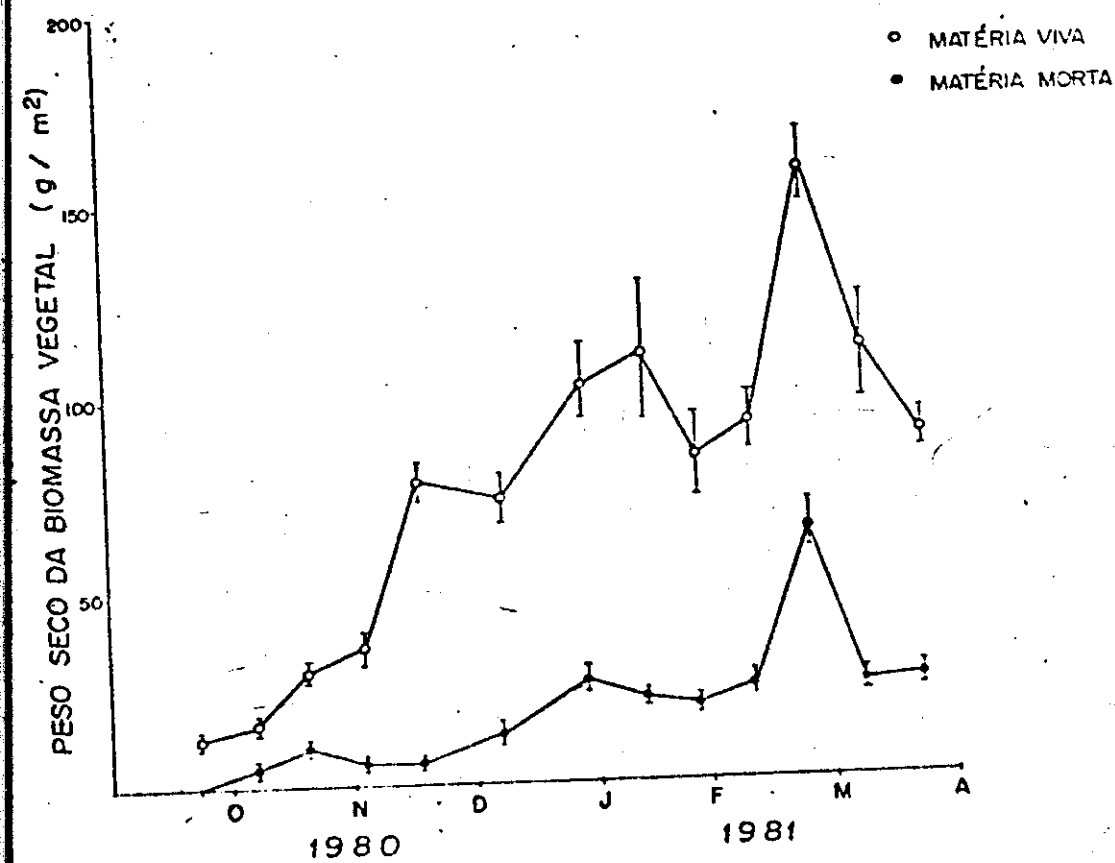


Figura 17 - Variação da biomassa aérea da área que sofreu a ação do fogo. Tem-se os valores médios  $\pm$  um erro padrão.  
(é assinalado no eixo x o último dia do mês em questão).



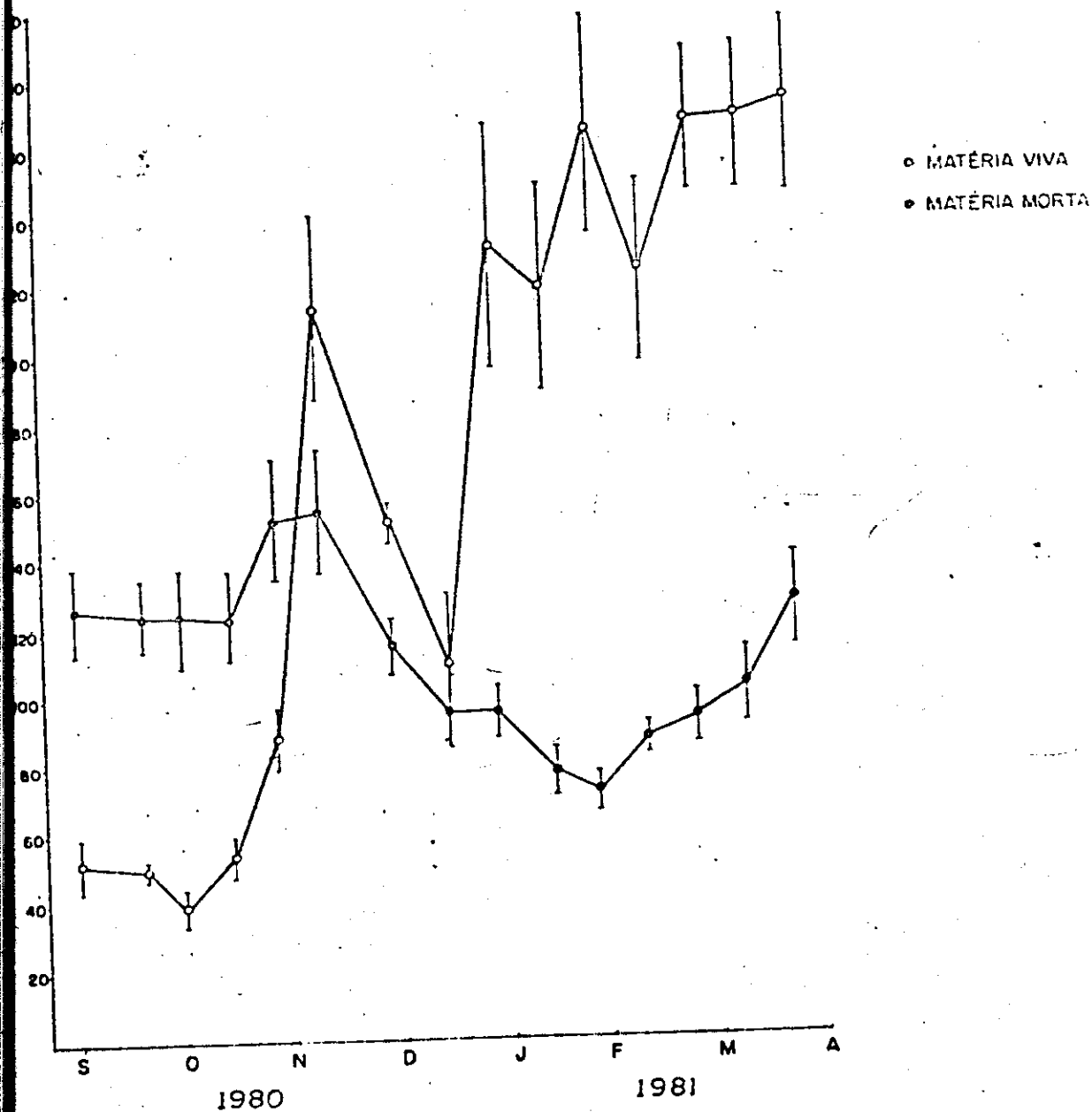


Figura 18 - Variação da biomassa aérea da área cultivada com *B. decumbens*. Tem-se os valores médios  $\pm$  um erro padrão.  
(é assinalado no eixo x o último dia do mês em questão).

Tabela 10 - Produção Primária Líquida Aérea (PPLA) em  $g/m^3$  obtida para cada período de coleta acompanhada da taxa de crescimento relativo (TCR) em  $g^{-1} d^{-1}$  para cada área de estudo

TESTEMUNHA		QUE SOFREU FOGO				B. decumbens			
PERÍODO	PPLA	TCR	PERÍODO	PPLA	TCR	PERÍODO	PPLA	TCR	
10/10 24/10	8,9	0,01	24/10 07/11	3,0	0,01	01/10 14/11	14,8	0,02	
08/11 21/11	12,3	0,01	08/11 20/11	13,8	0,05	15/11 27/11	34,1	0,04	
05/12 18/12	42,7	0,04	21/11 04/12	6,1	0,01	28/11 11/12	126,4	0,06	
09/01 22/01	8,4	0,01	05/12 17/12	42,4	0,06	16/01 29/01	123,5	0,05	
06/02 19/02	6,8	0,01	09/01 29/01	29,6	0,02	13/02 26/02	46,7	0,01	
18/03 02/04	22,5	0,02	30/01 12/02	7,2	0,01	13/03 26/03	43,7	0,01	
03/04 15/04	6,7	0,01	27/02 12/03	8,4	0,01	27/03 09/04	0,7	-	
			13/03 26/03	65,2	0,04	10/04 23/04	4,7	-	

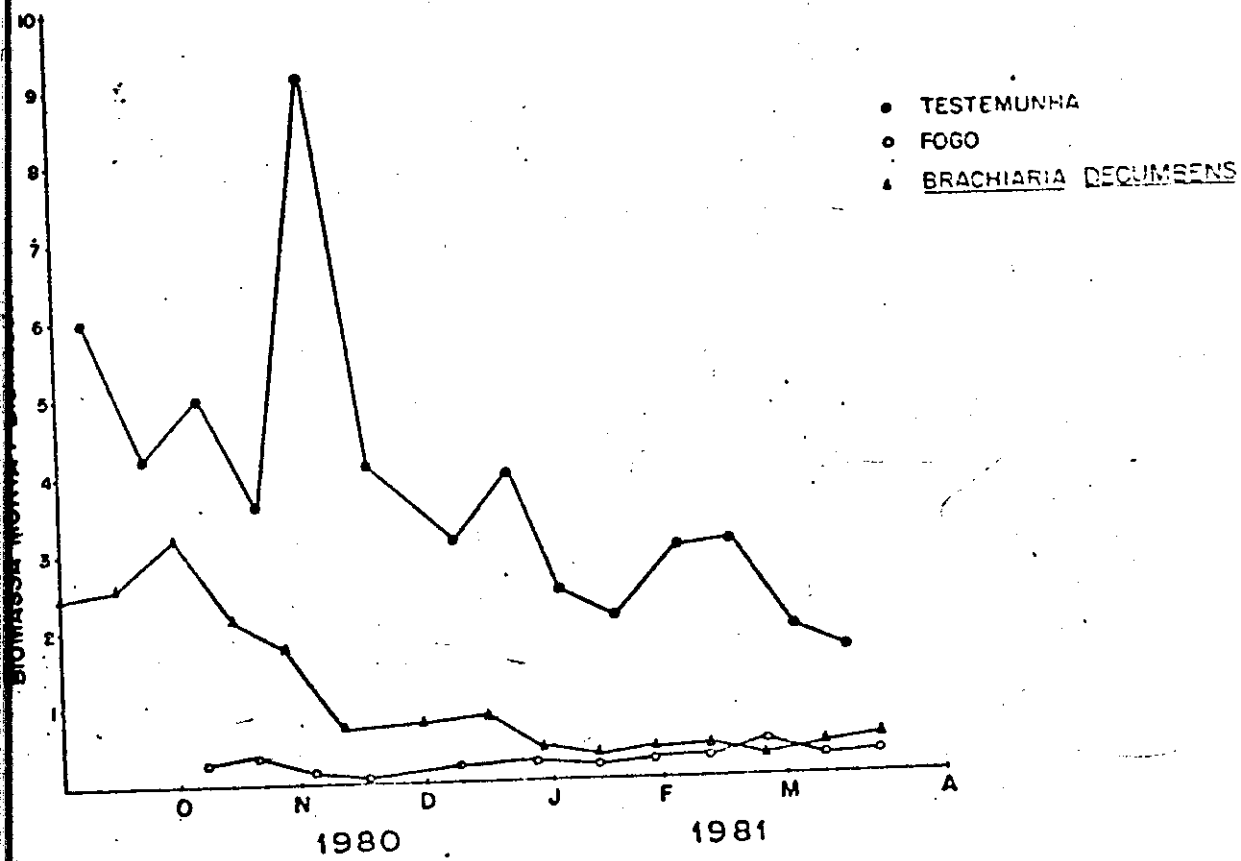


Figura 19 - Relação entre a biomassa aérea morta e viva em cada dia de coleta, para cada área.

(é assinalado no eixo x o último dia do mês em questão).

Tabela 11 - Valores do coeficiente de correlação simples entre fatores do ambiente e a produção de material vivo e material morto total nas três áreas de estudo.

	Testemunha		Fogo		<i>B. decumbens</i>	
	Prod. vivo	M. morto tot.	Prod. vivo	M. morto tot.	Prod. vivo	M. morto tot.
Precipitação	0,47	0,29	0,66**	-0,39	0,29	-0,01
Radiação	-0,33	-0,30	-0,22	0,44	-0,42	-0,41
Temperatura	-0,26	0,03	0,08	-0,09	-0,28	-0,07
Evap. Pot.	-0,35	-0,14	-0,33	-0,28	0,01	0,46*
% H <sub>2</sub> O 0-30cm	0,29	0,19	0,39	-0,28	.....	.....
% H <sub>2</sub> O 30-60cm	0,42	0,29	0,06	-0,46	.....	.....
% H <sub>2</sub> O 60-90cm	0,51*	0,26	0,05	-0,38	.....	.....

\*  $p < 0,05$

\*\* $p < 0,01$

Tabela 12 - Valores dos coeficientes de correlação múltipla entre fatores do ambiente e a produção de material vivo e material morto total nas três áreas de estudo.

	Testemunha		Fogo		B. decumbens	
	Prod. vivo	M. morto tot.	Prod. vivo	M. morto tot.	Prod. vivo	M. morto tot.
Prec x Rad x Temp.	0,52	0,46	0,73*	0,75**	0,44	0,49
% de H <sub>2</sub> O no solo de 0 a 90 cm	0,78**	0,83**	0,82**	0,67*	.....	.....

\*  $p < 0,05$

\*\*  $p < 0,01$

## 5 - DISCUSSÃO

### 5.1. Produção primária líquida aérea (PPLA)

#### 5.1.1. PPLA da área testemunha

Foi obtido uma PPLA de  $108 \pm 26 \text{ gm}^{-2}$  no período das chuvas para o estrato herbáceo de um campo sujo de Cerrado (área testemunha). Obteve-se uma taxa de crescimento relativo médio de  $0,01 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Logo, é produzido por dia em média  $0,01\text{g}$  por cada  $\text{g}$  de biomassa viva já existente.

Na figura 16 observa-se uma grande quantidade de material morto. Em termos médios se teve mais material morto do que vivo. Esse fato nos leva a pensar que a taxa de decomposição do material morto deva ser bastante lenta. Um estudo sobre decomposição de folheto seria útil para a confirmação deste fato. ADAMOLI (comunicação pessoal) observou uma quantidade satisfatória de microorganismos e mesofauna do solo em campos sujos de Cerrado. Ele acredita que a lenta decomposição se deva ao fato do folheto, na sua maioria, não se encontrar em contato com o solo a partir de uma acumulação excessiva no período da seca.

Outro fato a ser observado na figura 16 é a pe-

quena variação na quantidade de material vivo sugerindo a existência de fatores que impedem uma maior produção nesta área. A detecção destes fatores é um objeto de estudo que permitirá um melhor manejo para o aumento da produção neste sistema.

Como já foi mencionado anteriormente, o dado da PPLA aqui obtido se trata de uma subestimação do valor real. Esse dado poderá ser corrigido posteriormente depois que estudos que forneçam a taxa de transferência do material vivo para o morto sejam feitos num campo sujo de Cerrado com as mesmas características do aqui estudado. O método utilizado para este fim é o de WIEGERT & EVANS (1964).

BOURLIÈRE & HADLEY (1970) em sua revisão sobre as savanas tropicais construiu uma tabela sobre a produção primária líquida da vegetação herbácea. Parte dos dados estão presentes na tabela 10. Nesta tabela os dados de PPLA estão acompanhados do número de dias da estação de crescimento e chuva anual. Para o dado obtido no presente estudo será considerado o valor de chuva anual de 1500 mm e uma estação de crescimento de 120 dias que corresponde ao período de tempo que a precipitação foi maior que a evapotranspiração potencial sem interrupções (ver figura 1). Para efeito de comparação consideraremos o valor obtido ( $108\text{g m}^{-2}$ ) como relativo a um ano já que a PPLA na estação da seca deve ser inexistente ou muito pequena. O dado de PPLA aqui obtido foi menor que a maioria dos dados observados na tabela 13 sendo maior apenas nos locais com chuva anual e estação de crescimento bem menor. Certos fatores que não são descritos como a composição florística e características

Tabela 13 - Estimativa mínima das taxas de produção primária líquida, baseada no pico de biomassa aérea para dados de vegetação herbácea em várias savanas tropicais e comunidades relacionadas (retirado de BOURLIÈRE & HADLEY, 1970).

Localização	Chuva anual (mm)	Estação de crescimento (dias)	Produção <sub>1</sub> gm <sup>-2</sup> ano
Olokometi, Nigéria	1168	270	680
Shika, Nigéria	1118	200	680
Senegal	200-400	60	40
Tchad	320	40	122-165
Rhodesia	650	...	145
Tanzânia	700	...	520
Kivu-Albert Park	860	...	320-630
Africa do Sul	607	...	75-110
Austrália	508	60	109
Llanos-Venezuela	1300	130	240-404
Varanasi-Índia	1100	78	740
Gir forest-Índia	820	120	409



dos solos, também influenciam na produção vegetal. Uma maior precipitação anual é um fator significativo para o aumento na produção vegetal. Neste caso não importa apenas o total bruto mas também como esta precipitação se encontra distribuída pelo ano sendo melhor que ela apresente uma distribuição uniforme do que uma alta precipitação apenas num período de tempo (SAN JOSE & MEDINA, 1975).

Dados de PPLA para regiões naturais mais próximas a deste trabalho são os obtidos nos Llanos da Venezuela. Pode se citar o estudo realizado por SARMIENTO (1979) que estudou diferentes locais obtendo dados de PPLA para a estação de crescimento entre  $534 \text{ gm}^{-2}$  e  $705 \text{ gm}^{-2}$ . Ele não tinha notícia de qual a última vez que os locais estudados tinham sofrido fogo. Ele acrescentou aos dados obtidos cerca de  $140$  a  $170 \text{ gm}^{-2}$  relacionados com o erro relativo a amostragem, decomposição de biomassa que ocorreu durante a amostragem, consumo de pequenos herbívoros nativos. Logo, podemos observar que ele obteve valores maiores para os Llanos do que os obtidos no presente trabalho.

#### 5.1.2. PPLA da área que sofreu a ação do fogo

Foi obtida nesta área uma PPLA de  $176 \pm 33 \text{ gm}^{-2}$ . CESAR (1980) obteve  $310 \text{ gm}^{-2}$  de biomassa vegetal obtida após um ano em uma área de campo sujo que sofreu queima no mês de setembro, valor maior que o obtido neste trabalho. Isso se deva talvez às diferenças nas características do solo das duas áreas. Um fator seria a baixa profundidade, pois, na área estudada se tem uma camada de concreções lateríticas a  $\pm 1\text{m}$  de profundidade.

Estudos realizados nos Llanos forneceram também dados de PPLA maiores do que os aqui obtidos podendo ser citados  $378 \text{ gm}^{-2}$  (BLYDENSTEIN, 1963) e  $325 \text{ gm}^{-2}$  (SAN JOSE & MEDINA, 1975).

O dado de produção na área que sofreu a ação do fogo foi maior do que o da área testemunha. Este fato é confirmado por todos os trabalhos de fogo observados tanto

na região tropical (AMISSAH *et al.*, 1980; BLYDENSTEIN, 1963; SAN JOSE & MEDINA, 1975) quanto na temperada (KUCERA & EHRENREICH, 1962; PENFOUND & KELTING, 1950). Logo, é evidente que a proteção de campos contra o fogo reduz a produtividade. Esta redução tem sido atribuída ao efeito de proteção térmica do folhedo, menor taxa na reciclagem de nutrientes, presença de toxinas no folhedo, entre outros. RICE & PARENTI (1978) constatou que em região temperada realmente o folhedo funciona como um protetor térmico fazendo com que a temperatura dos solos em áreas protegidas sejam bem menores que em áreas que sofreram ação do fogo. Estudando espécies dominantes na área verificou que estas apresentavam uma temperatura ótima de crescimento bastante elevada. Esse tipo de extrapolação talvez não se aplique para campos da região tropical onde a temperatura geralmente não constitui um fator limitante. A hipótese de que o folhedo apresenta substâncias tóxicas que inibem o crescimento ainda não foi provada embora alguns autores a aceitem como provável (VOGL, 1974) enquanto outros não (SAN JOSE & MEDINA, 1975). O fato de que o folhedo apresenta nutrientes que demoram a ser incorporados e que o fogo acelera este processo também não foi constatado por SAN JOSE & MEDINA (1975) que não observou um aumento considerável de nutrientes no solo após uma queimada. Este ponto merece um estudo cuidadoso pois esta hipótese é citada como provavelmente verdadeira por vários autores (COUTINHO, 1980; KUCERA & EHRENREICH, 1962; VOGL, 1974).

### 5.1.3. PPLA da área cultivada com *Brachiaria decumbens*

A produção primária líquida aérea nesta área foi de  $395 \pm 93 \text{ gm}^{-2}$  para a estação das chuvas. Observando-se a figura 18, percebe-se que no início da estação das chuvas a quantidade de material morto é maior do que a de material vivo havendo, logo após, uma inversão da situação. Em termos de tratamento destas pastagens essa rápida resposta de aumento de produção primária com a vinda das chuvas, demonstra que a irrigação é de grande valia para a ma

nutrição da produção na época seca. Este fato poderia ser melhor constatado se esta curva se estendesse pela estação seca.

Comparando-se a PPLA obtida nas três áreas de estudo observa-se que a área cultivada com *B. decumbens* apresentou um valor bem maior. Essa grande diferença talvez se deva às melhores condições do solo em que a *B. decumbens* se encontra se comparadas com as do solo da área de campo sujo de Cerrado. Provavelmente *B. decumbens* nem conseguiu ser implantada em solos com condições de fertilidade semelhantes à que se encontram as áreas naturais.

## 5.2. Relações entre os fatores ambientais e a produção das diferentes áreas

### 5.2.1. Balanço hídrico

Ao se comparar os gráficos de balanço hídrico (figuras 4, 5 e 6) com as curvas de biomassa viva e morta (figuras 16, 17 e 18), observam-se fatos que ocorrem concomitantemente quase sempre nas três áreas de estudo, sendo estes:

- 1) Ocorrência, no final de novembro, de um excesso de água no sistema, uma diminuição na quantidade de biomassa morta e um aumento na biomassa viva;
- 2) Ocorrência, no final de fevereiro, de uma deficiência de água devido ao veranico acompanhado de uma diminuição na biomassa viva;
- 3) Ocorrência, no final de março, de um excesso de água e um aumento na biomassa viva.

Outros fatos isolados podem ser observados. Por exemplo, na área testemunha o período com o maior valor de PPLA equivale ao período posterior em que ocorreu o maior excesso de água.

### 5.2.3. Porcentagem de água no solo

Na área testemunha a correlação positiva entre produção e % de água no solo se deu na profundidade de 60-90cm ( $p < 0,05$ ). Na área que sofreu ação do fogo a maior correlação foi com a % de água a 30-60cm.

Ao se observar os gráficos de umidade do solo para as diferentes profundidades (figura 13 e 14), observa-se que existe uma variação na quantidade de água até 90cm. Pode-se concluir que existe raízes até essa profundidade. Isso também é demonstrado pelo fato de se ter correlação positiva com a PPLA e a % de água a 60-90cm na área de campo sujo.

PADMAJA (1973) estudando campos naturais de Rajkot (Índia) não obteve um coeficiente de correlação positivo com significância a 0,05 entre a biomassa e a % de água no solo de superfície e a 20cm. Ela obteve um coeficiente de correlação ( $p < 0,01$ ) significativa entre a biomassa e a quantidade de água armazenada no solo obtido a partir do balanço hídrico (THORNTHWAITE & MATHER, 1955). Logo, também foi demonstrado que a quantidade de água no solo é altamente relacionada com a produção em regiões tropicais.

### 5.2.4. Eficiência da vegetação na produção de matéria seca

A estimativa da eficiência da vegetação nos mostra quanto é capaz certa vegetação de transformar a energia radiante recebida em energia química. A eficiência de uma comunidade vegetal vai depender dos fatores limitantes presentes e de como se encontra estruturada a vegetação como por exemplo, número de camadas de material vegetal sobrepostas e ângulo das folhas.

A área estudada que apresentou menor eficiência foi a área testemunha sendo que várias hipóteses podem ser levantadas para tentar explicar isto. Uma delas seria que após a eliminação de material vegetal ocorrido na área que sofreu a ação do fogo, o novo material formado captaria na

Na área que sofreu a ação do fogo a maior PPLA coincidiu com o primeiro período que apresentou excesso de água após o veranico. Na área cultivada com *B. decumbens* o maior valor de PPLA coincidiu com o maior valor de excesso de água no sistema.

Os fatos acima nos permite observar a grande influência que o deficit ou excesso de água provoca sobre o aumento de biomassa demonstrando que para o Cerrado a água é realmente um fator determinante da produção.

### 5.2.2. Precipitação, radiação e temperatura

Observando-se as correlações desses três fatores com os dados de produção vegetal (tabela 11), nota-se que a precipitação é que apresentou maior correlação positiva com a produção em todas as três áreas sendo significativa a nível de 1% na área que sofreu fogo. Logo, a precipitação se torna a variável atmosférica de maior relação com a produção primária em campo sujo, queimado e natural, e pastagem artificial de *B. decumbens*. É de se esperar que a água funcione como principal fator limitante da produção de vido a radiação e temperatura se mostrarem satisfatórios nesta região. Este fato já foi observado em outros campos tropicais. Pode ser citado HOUEROU & HOSTE (1977) que estudando os dados de oito países do oeste da África, obteve u ma grande relação entre precipitação e produção de ervas. KUMAR & JOSHI (1972) em campos de Rajasthan, Índia, também observou esta relação.

LAUENROTH & WHITMAN (1977) estudando campos de região temperada obteve maior correlação múltipla da produção com a temperatura do ar, deficit de pressão de vapor e temperatura do solo. Ele demonstra que a temperatura é o principal fator limitante para as regiões temperadas.

is eficientemente a vegetação. Outra hipótese seria que a grande quantidade de matéria morta presente impediria a penetração total da radiação nas camadas de vegetação mais baixas, limitação que não ocorre na área que sofreu fogo.

Comparando-se os 0,12% obtidos na área testemunha com as eficiências de outros locais (tabela 14) observa-se sua proximidade com o valor obtido em campos perenes de 8 anos de idade na Georgia (USA). Apesar do campo estudado por GOLLEY (1965) encontrar-se em região temperada ele apresenta uma semelhança com a área testemunha. Esse autor também sempre encontrou em suas coletas uma quantidade de matéria morta bem maior que a de matéria viva.

Tabela 14 - Eficiência da produção de matéria seca da es  
tação de crescimento de diferentes comunida-  
des acompanhado da idade e localização (reti-  
rado de JORDAN, 1971).

Comunidade	Idade (anos)	Localização	Eficiência %
Campos perenes	8	Georgia	0,15
Pradarias altas	...	Missouri	0,51
Ervas perenes	...	Japão	0,41
Campos antigos	14	Michigan	0,88
Deserto de "scrub"	variado	Arizona	0,008
Tundra alpina	...	Mts of Wyoming	0,91
Savana	...	Minnesota	0,73

## 6 - CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que:

- 1 - A Produção Primária Líquida Aérea (PPLA) do estrato herbáceo na estação das chuvas em uma área de Campo Sujo de Cerrado, é de  $108 \pm 26 \text{ g m}^{-2}$  (média e um erro padrão). Num mesmo tipo de vegetação que sofreu a ação do fogo esta é de  $176 \pm 33 \text{ g m}^{-2}$  no primeiro ano após o fogo.
- 2 - O método da colheita para Campo Sujo de Cerrado realizado com 10 quadrados de  $1\text{m} \times 1\text{m}$  se mostra bom pois o desvio padrão dos dados obtidos apresentam uma magnitude aceitável. Certas variações obtidas entre as médias de amostragens consecutivas talvez se devam a heterogeneidade da área sendo aconselhável a utilização de áreas as mais homogêneas possíveis.
- 3 - Uma área cultivada com *Brachiaria decumbens* cv. australiana em Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa e que a um ano não sofre pastoreio nem adubação, apresenta uma PPLA de  $395 \pm 93 \text{ g m}^{-2}$  (média e um erro padrão).
- 4 - A quantidade de material morto em uma área de Campo Sujo de Cerrado que cerca de três anos não sofreu a ação do fogo é geralmente maior que o dobro da quantidade de material vivo podendo chegar a ser até seis vezes maior.



5 - A eficiência para produção de matéria seca no campo sujo de Cerrado é  $0,12 \pm 0,03\%$  (média e erro padrão) para a área não queimada e  $0,19 \pm 0,04\%$  para a área queimada. Para a área cultivada com *Brachiaria decumbens* cv. australiana é de  $0,40 \pm 0,09\%$ .

6 - Os fatores do ambiente que apresentam maior correlação com a PPLA no Campo Sujo de Cerrado, tanto em área queimada como em área não queimada, é a precipitação e a quantidade de água no solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMISSAH, J.B.; HALLS, J.B.; SWAINE, M.D.; ATTAKORAH, J.Y. A re-assessment of a fire protection experiment in north-eastern Ghana Savanna. *Journal of Applied Ecology* 17: 85-99, 1980.
- ANONIMUS. *Hidrometric tables*. Part III. 2<sup>o</sup>ed., London, Her Majesty's stationery Office, 1978.
- ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófica. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras USP* 224: 59-77, 1958.
- ARNFIELD, D.J. Evaluation of empirical expressions for the estimation of hourly and daily totals of atmospheric longwave emission under all sky conditions. *Q. Jl. R. Met. Soc.* 105: 1041-1052, 1979.
- BARRS, J.A. Seasonal distribution of pasture production in New Zealand. VIII - Dargivile. *N. Z. Journal of Experimental Agriculture* 4(2): 151-156, 1976.
- BISCOE, P.V.; CLARK, J.A.; GREGSON, K.; Mc GOWAN, M.; MONTEITH, J. L.; SCOTT, R. K. Barley and its environment I - Theory and Practice. *Journal of Applied Ecology*. 12: 227-247, 1975.
- BLYDENSTEIN, J. Cambios en la vegetacion despues de proteccion contra el fuego. Parte I - El aumento anual en material vegetal en varios sitios quemados y no quemados en la estacion biologica. *Boz. Soc. Venez. Cienc. Nat.* 103: 223-238, 1963.
- BOURLIÈRE, F. & HADLEY, M. The ecology of tropical savannas. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1: 125-152, 1970.

BRASIL, Secretaria de agricultura do estado de Goiás. *I encontro sobre forrageiras do gênero Brachiaria*, 1977.

CAVALCANTI, L.H. *Efeito das cinzas resultantes da queimada sobre a produtividade do estrato herbáceo sub-arbustivo do Cerrado de Emas (Pirassununga - SP)*. São Paulo, 1978. (Tese de doutoramento, Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo).

CESAR, H.L. *Efeitos da queima e corte sobre a vegetação de um campo sujo na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal*. Brasília, 1980. (Tese de mestrado, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília).

COUTINHO, L. M. *Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do Cerrado*. SP, 1976. (Tese de livre-docência, departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo).

COUTINHO, L. M. As queimadas e seu papel ecológico. *Brasil Florestal* 10(44): 7-23, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Relatório técnico anual do Centro de Pesquisas Agropecuária dos Cerrados 1977-1978*. Brasília, DF, 1979a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro. *Métodos de análise de solos e calcários*. RJ, 1979b.

EVANS, G. C. *The quantitative analysis of plant growth*. Blackwell Scientific Publications. Studies in ecology. 1972. 1v.

FRANCI, J.L.; RONCO, M.G.; SANCHEZ, N.E.; VIVARI, R.L.; ROVETTA, G.S. Efecto del fuego sobre la composición y dinámica de la biomasa de un pastigal de Sierra de la Ventana (Bs.As., Argentina). *Darwiniana* 22(4): 568-585, 1980.

- GOLLEY, F.B. Structure and function of an old-field broomsedge community. *Ecological monographs* 35(1): 113-137, 1965.
- GOODLAND, R. & FERRI, M. *Ecologia do cerrado*. SP, Editora da Universidade de São Paulo, 1979.
- HOUEROU, H.N. & HOSTE, C.H. Rangeland production and annual rainfall relations in the Mediterranean Basin and in the African Sahelo-Sudanian Zone. *Journal of Range Management* 30(3): 181-189, 1977.
- KIEUL, E.J. *Manual de edafologia. Relações solo-planta*. SP, Ed. Agronômica Ceres, 1979.
- KUCERA, C.L. & EHRENREICH, J.H. Some effects of annual burning on Central Missouri Prairie. *Ecology* 43(2): 334-336, 1962.
- KUMAR, A. & JOSHI, M.C. The effects of grazing on the structure and productivity of the vegetation near Pilani, Rajasthan, India. *Journal of Ecology* 60: 665-674, 1972.
- JOHNSON, C.E. Potential evaporation: comparison between the Penman and Thornthwaite methods for the Centre-west of Brazil. *Ciência e cultura*, (1981), (no prelo).
- JORDAN, C.F. Productivity of a tropical forest and its relation to a world pattern of energy storage. *Journal of ecology* 59: 127-143, 1971.
- LAUENROTH, W.K. & WHITMAN, W.C. Dynamics of dry matter production in a mixed-grass prairie in Western North Dakota. *Oecologia (Berl.)* 27: 339-351, 1977.
- LIETH, H. La producción de substancia orgánica por la capa vegetal terrestre y sus problemas. *Acta Cient. Venez.* 12: 107-114, 1961.

- LIETH, H. *The determination of plant dry-matter production with special emphasis on the underground parts.* In: *Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level.* Paris. UNESCO. 1968a.
- LIETH, H. *The measurement of calorific values of biological material and the determination of ecological efficiency.* In: *Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level.* Paris. UNESCO. 1968b.
- LIETH, H. *Construction d'un modèle de la productivité primaire du globe.* *Nature et resources* 8(2): 6-11, 1972.
- Mc NAUGHTON, S.J. *Relationships among functional properties of Californian grassland.* *Nature* 216: 168-169, 1967.
- MENAUT, J.C. & CESAR, J. *Structure and primary productivity of Lamto Savannas, Ivory Coast.* *Ecology* 60(6): 1197-1210, 1979.
- MISRA, C.M. & MALL, L.P. *Production and compartment transfer of dry-matter in a Tropical Grassland community.* *Proc. Indian Natl. Sci. Acad., Part B* 41(5): 452-457, 1976.
- MONTEITH, J.L. *Evaporation and environment.* In: *The state and movement of water in living organisms.* 19<sup>th</sup> Symp. Soc. Exp. Biol., 1965.
- MONTEITH, J.L. *Principles of Environmental Physics.* London, E. Arnold, 1973.
- MONTEITH, J.L. *Climate and efficiency of the crop production in Britain.* *Phil. Trans. R. Soc. London B.* 281: 277-294, 1977.
- MOTA, F.S. *Meteorologia Agricola.* 2<sup>o</sup> ed., SP, Editora Livraria Nobel, 1976.
- OEUM, E.P. *Organic production and turnover in old field succession.* *Ecology* 41(1): 34-49, 1960.

- PADMAJA, P.K. *Grassland Biomass and moisture regimes*. India, 1973. (Dissertation in part fulfillment of M. Sc. Expt. Biology, Saurashtra University).
- PEARSON, L. C. Primary production in grazed and ungrazed desert communities of eastern Idaho. *Ecology* 46: 278-285, 1965.
- PENFOUND, W.T. & KELTING, R.W. Some effects of winter burning on a moderately grazed pasture. *Ecology* 31(4) : 554-560, 1950.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water bare soil and grass. *Roy. Soc. A.* 193: 120-145, 1948.
- PITT, M. D. & HEADY, H.F. Responses of annual vegetation to temperature and rainfall patterns in Northern California. *Ecology* 59(2): 336-350, 1978.
- RAWITSCHER, F.K.; FERRI, M.G.; RACHID, M. Profundidades dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil meridional. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 15: 267-294, 1943.
- RIBEIRO, J.F.; SANO, S.M.; SILVA, J.A. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação dos Cerrados. In: *Congresso Nacional de Botânica*, 23. Teresina-PI, 1981, Anais... (no prelo).
- RICE, E.L. & PARENTI, R.L. Causes of decreases in undisturbed tall grass prairie. *Amer. J. Bot.* 65(10) : 1091-1097, 1978.
- ROSENZWEIG, M. L. Net primary productivity of terrestrial communities: prediction from climatological data. *The American Naturalist* 102(923): 67-74, 1968.
- SAN JOSE, J.J. & MEDINA, E. Effect of fire on organic matter production and water balance in a tropical Savanna. In: GOLLEY, F.B. & MEDINA, E. *Tropical Ecological Systems - Trends in Terrestrial and Aquatic Research*. USA, Springer Verlag New York Inc. 1975.

- SARMIENTO, G. Composición, estructura, biomasa y producción primaria de diferentes sabanas en los Llanos occidentales de Venezuela. *Boletim da Sociedade Venezolana de Ciências naturais* 136(34), 5- 41, 1979.
- SEMIYAMA, G.C. Estudos de métodos para estimativa da evapotranspiração potencial em Viçosa. *Experientiae* 16: 61-79, 1973.
- SHRIMAL, R.L. & VYAS, L.N. Net primary production in grasslands at Udaipur, India. In: GOLLEY, F.B. & MEDINA, E. *Tropical Ecological Systems - Trends in terrestrial and Aquatic Research*. USA, Springer Verlag New York Inc. 1975.
- SIMS, P.L. & SINGH, J.S. The structure and function of ten western north American grasslands. III - Net primary production, turnover and efficiencies of energy capture and water use. *Journal of Ecology* 66: 573-597, 1978.
- SINGH, J.S. & MISRA, R. Density, dominance, stability and net production in the grasslands at Varanasi. *Can. J. Bot.* 47: 425, 1969.
- SINGH, J.S. & YADAVA, P.S. Seasonal variation in composition, plant biomass and net primary productivity of a tropical grassland at Kurukstetra, India. *Ecological Monographs* 44: 351-376, 1974.
- SINGH, J.S.; LAUENROTH, W.K.; STEINHORST, R.K. Review and assessment of various techniques for estimation net aerial primary production in grasslands from harvest data. *The Botanical Review* 41(2): 181-232, 1975.
- SMITH, R. *Ecology and field biology*. New York, Harper & Row, 1966.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). *Manual de método de trabalho de campo*. Campinas, SP, 1976.

- STRUGNELL, R.G. & PIGOTT, C.D. Biomass, shoot-production and grazing of two grasslands in the Reverzori National Park, Uganda. *Journal of Ecology* 66(1): 73-96, 1978.
- THOM, A.S. & OLIVER, H.R. On Penman's equation for estimating regional evaporation. *Quart. J. R. Met. Soc.* 103: 345-357, 1977.
- THORNTON, C.W. & MATHER, J.R. *The water balance*. Centerton, N.J. Laboratory of Climatology, 1955.
- TRANSEAU, E.N. The accumulation of energy by plants. *Ohio J. Sc.* 26: 1-10, 1926.
- TUCKER, C.J. A critical review of remote sensing and other methods for non-destructive estimation of standing crop biomass. *Grass and Forage Science* 35: 177-182, 1980.
- VOGL, R.J. Effects of Fire on grasslands. In: KOZLOWSKI, & J. AHLGREEN, C.E. *Fire and Ecosystems*. USA, Academic Press, 1974.
- WARMING, E. *Lagoa Santa: contribuição para a geographia phytobiológica*. Trad. por A. Loeffgren. Belo Horizonte, Imprensa Oficial, 1908.
- WEAVER, J.E. Plant production as a measure of environment. A study in crop ecology. *Journal of ecology* 12: 205, 1924.
- WESTLAKE, D.F. Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev. (Cambridge)* 38: 385-425, 1963.
- WIEGERT, R.G. The selection of an optimum quadrat size for sampling the standing crop of grasses and forbs. *Ecology* 43(1): 125-129, 1962.
- WIEGERT, R.G. & EVANS, F.C. Primary production and the disappearance of dead vegetation on an old field in southeastern Michigan. *Ecology* 45(1): 49-61, 1964.
- ZELITCH, I. *Photosynthesis, photorespiration and plant productivity*. New York, Academic Press, 1971.