

$^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$ EM PLANTAS

EVERARDO V. S. B. SAMPAIO
 Prof. Visitante do Dep. de A-
 gronomia da UFRPE.

No processo de fotossíntese, as plantas, em geral, discriminam contra o ^{13}C presente na atmosfera^{3 6 17 19 20 22 23}. Daí o abaixamento na proporção $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$ em relação ao CO_2 atmosférico, geralmente expresso sob a forma de $\delta^{13}\text{C}$ o/oo=

$$\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ amostra}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ padrão}} = 1 \times 10^3$$

A discriminação pode ocorrer em qualquer fase do processo de fotossíntese ou em qualquer reação metabólica posterior. PARK & EPSTEIN¹⁸ propuzeram um modelo geral de fracionamento do isótopos de C nas plantas, indicando fontes de possível discriminação contra ^{13}C . A discriminação obviamente implica num decréscimo de $\delta^{13}\text{C}$ do produto em relação ao substrato e determinações de $\delta^{13}\text{C}$ de produtos intermediários do metabolismo (e de partes de planta) de plantas diversas têm mostrado pouca variação, para uma mesma planta, indicando que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ são devidos ao fracionamento que se dá logo na reação inicial de carboxilação^{1 3 12 25 26}.

Hoje em dia dividem-se as plantas em 3 grupos quanto ao processo fotossintético: plantas C_3 , plantas C_4 e plantas MAC. A reação inicial de carboxilação das plantas C_3 é mediada pela Ribulose di-fosfato carboxilase (Ru DP - carb), das plantas C_4 pela Fosfo-enol piruvato carboxilase (PEP-carb) e das plantas MAC, aparentemente pela PEP-carb ou pela Ru DP-carb dependendo das condições ambientais^{6 26}. A PEP-carb discrimina me-

nos contra o $\delta^{13}\text{C}$ que a Ru DP-carb logo, plantas C_4 têm $\delta^{13}\text{C}$ maior, ou seja, menos negativo que plantas C_3 ^{19 20 23}. O $\delta^{13}\text{C}$ de plantas C_4 varia de - 18 a - 8, enquanto o de plantas C_3 varia de - 35 a - 22. Como não há sobreposição o $\delta^{13}\text{C}$ pode ser usado como critério de distinção entre plantas C_3 e C_4 .

Esse critério tem uma correlação quase perfeita com outros critérios de distinção como anatomia das folhas, ponto de compensação de CO_2 , efeito de O_2 na fotossíntese, produtos metabólicos iniciais de fotossíntese, nível de fixação CO_2 e pico de pós-iluminação^{6 19 23}. A caracterização C_3 - C_4 tem sido especialmente útil na classificação de gramíneas⁹. As plantas MAC têm $\delta^{13}\text{C}$ variando de valores típicos de C_4 a valores típicos de C_3 e essa variação parece estar correlacionada com o tipo de fixação inicial de CO_2 , se mediado pela RuDP-carb ou pela PEP-carb^{4 6 10 16 22}. O tipo de fixação inicial de CO_2 parece depender das condições ambientais^{4 10 14 16 22 26}. Uma planta com valores de $\delta^{13}\text{C}$ típicos de C_4 pode passar a fixar CO_2 com valores típicos de C_3 dependendo de luminosidade e temperatura⁴, fotoperíodismo¹⁰ e balanço hídrico¹⁶. Já que não é possível a distinção de plantas MAC de plantas C_3 e C_4 , baseado apenas no $\delta^{13}\text{C}$, esse critério só deve ser usado para distinção de plantas C_3 e C_4 quando for eliminada, de antemão, a possibilidade da planta estudada, pertencer ao grupo MAC. Em geral, sabendo-se a família da planta já se sabe se ela pode ser MAC ou não, da mesma maneira que já se conhecem as famílias que incluem espécies C_4 . A tabela 1 é uma compilação de valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontradas na literatura. Note-se que certas plantas aquáticas têm valores altos de $\delta^{13}\text{C}$, porque podem fixar C a partir de bicarbonato que tem $\delta^{13}\text{C}$ em torno de + 7.

As condições ambientais afetam muito menos o $\delta^{13}\text{C}$ de plantas C_3 e C_4 que o de plantas MAC. Nem O_2 ⁵, nem temperatura^{21 24} parecem influir significativamente na discriminação. Daí SZAREK & TROUGHTON²² afirmarem haver pouca influência do meio no $\delta^{13}\text{C}$ de plantas C_3 e C_4 . Entretanto, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ que se encontram na literatura podem variar para uma mesma espécie, de até 60/00, e recentemente, em trabalho inédito, foram determinados valores de $\delta^{13}\text{C}$ de gramíneas nativas em região tropical, consistentemente mais altos que os valores encontrados na literatura

para as mesmas espécies¹³. Parte dessa variação poderia, talvez, ser explicada pela diferença em idade do tecido ou planta usada como amostra^{10 11}. Não foi encontrado nenhum trabalho que relatasse o efeito de luminosidade, balanço hídrico ou balanço nutricional sobre o fracionamento de C em plantas C₃ e C₄. Teoricamente, é possível prever uma variação no $\delta^{13}\text{C}$ de plantas C₄ submetendo-as a condições que afetem a velocidade de fixação inicial de CO₂. Admitindo-se a descarboxilação e refixação de CO₂ nas células de bainha do feixe vascular, mediada pela RuDP-carb, haveria possibilidade de fracionamento desde que a refixação fosse mais lenta que a fixação inicial. Poderia haver variação também desde que variasse a proporção de CO₂ fixada diretamente por RuDP-carb nas células do feixe vascular^{9 15}. É possível, também, que haja diferença dentro do grupo C₄ entre espécies que transfiram CO₂ para as células da bainha por malato ou por aspartato⁸.

A pesquisa de fatores ambientais que afetem consistentemente o $\delta^{13}\text{C}$ das plantas deve receber maior atenção no futuro próximo. Os modernos processos de determinação permitem uma precisão de 0,1 o/oo e há possibilidades de aplicações práticas do método. Se, por um lado, a determinação de $\delta^{13}\text{C}$ exige um espectrômetro de massa, por outro, permite que se utilize qualquer material vegetal como amostra e a análise das amostras é relativamente simples. Pode-se utilizar até material herbarizado como amostra e não são necessários cuidados especiais na sua conservação. As possíveis aplicações são várias. Supondo-se, por exemplo, que se estabeleça que há um aumento na discriminação a $\delta^{13}\text{C}$ quando a planta desenvolve-se em meio deficiente em N (ou em luminosidade ou CO₂ etc), seria possível determinar-se a deficiência através de material fossilizado ou de produtos como açúcares, óleos etc ou uma deficiência temporária através de tecido formado durante aquele período ou ainda efeito da deficiência na translocação, etc. O campo é muito vasto e as pesquisas já feitas muito poucas.

Tabela 1 - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Planta	$\delta^{13}\text{C}$ o/oo
1 Planta C_3	
<u>Bryophyta</u>	
<u>Sphagnaceae</u>	
<u>Sphagnum magellanicum</u>	- 26.0 (20)
<u>Psilophyta</u>	
<u>Psilotaceae</u>	
<u>Tmesipteris fowerakeri</u>	- 29.0 (20)
<u>Sphenophyta</u>	
<u>Equisetaceae</u>	
<u>Equisetum arvense</u>	- 28.6 (80)
<u>Gymnospermae</u>	
<u>Araucariaceae</u>	
<u>Araucaria bidwillii</u>	- 25.9 (20)
<u>Cupressaceae</u>	
<u>Cupressus sempervirens</u>	- 29.7 (20)
<u>Cycadaceae</u>	
<u>Cycas revoluta</u>	- 27.0 (80)
<u>Gynkgoaceae</u>	
<u>Gynkgo biloba</u>	- 25.6 (20)
<u>Gnetaceae</u>	
<u>Gnetum africanum</u>	- 30.2 (20)
<u>Pinaceae</u>	
<u>Pinus halepensis</u>	- 30.8 (20)
<u>Podocarpaceae</u>	
<u>Podocarpus elata</u>	- 26.6 (20)
<u>Taxodiaceae</u>	
<u>Metasequoia glyptostroboides</u>	- 25.4 (20)
<u>Angiospermae</u>	
<u>Monocotyledoneae</u>	
<u>Cyperaceae</u>	
<u>Cyperus papyrus</u>	- 30.5 (23)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Planta	$\delta^{13}\text{C}$ o/oo
<u>Graminae</u>	
<u>Arundinoideae</u>	
<u>Arundo donax</u>	- 27.3 (21)
<u>Cortaderia selloana</u>	- 28.9 (21)
<u>Phragmites australis</u>	- 26.6 (21)
<u>P. communis</u>	- 24.6 (21)
<u>Molinia caerulea</u>	- 27.3 (21)
<u>Brachyelytreae</u>	
<u>Brachyelytrum erectum</u>	- 26.8 (21)
<u>Danthonieae</u>	
<u>Danthonia spicata</u>	- 26.4 (21)
<u>Schizmus barbatus</u>	- 22.7 (21)
<u>Ehrharteae</u>	
<u>Ehrharta erecta</u>	- 26.5 (21)
<u>Glycereae</u>	
<u>Glyceria grandis</u>	- 23.7 (21)
<u>G. striata</u>	- 24.6 (21)
<u>Lygeae</u>	
<u>Lygeum spartum</u>	- 25.1 (21)
<u>Meliaceae</u>	
<u>Melica mutica</u>	- 25.9 (21)
<u>Schizachne purpurescens</u>	- 27.5 (21)
<u>Nardeae</u>	
<u>Nardus stricta</u>	- 25.5 (21)
<u>Phaenospermeae</u>	
<u>Diarrhena americana</u>	- 29.5 (21)
<u>Phaenosperma globosa</u>	- 28.7 (21)
<u>Stipeae</u>	
<u>Milium effusum</u>	- 30.4 (21)
<u>Stipa columbiana</u>	- 24.2 (21)
<u>S. leucotricha</u>	- 27.4 (21)
<u>S. robusta</u>	- 24.6 (21)
<u>S. tenuissima</u>	- 24.7 (21)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Planta	$\delta^{13}\text{C}$ ‰
<u>Zizaneae</u>	
<u>Hydrochloa carolinensis</u>	- 26.9 (21)
<u>Luziola bahiensis</u>	- 27.9 (21)
<u>Zizania aquatica</u>	- 25.5 (21)
<u>Z. texana</u>	- 26.6 (21)
<u>Zizaniopsis miliacea</u>	- 26.1 (21)
<u>Festucoideae</u>	
<u>Agrostideae</u>	
<u>Agrostis hiemalis</u>	- 27.8 (21)
<u>A. tenuis</u>	- 28.4 (21)
<u>Calamagrostis canadensis</u>	- 27.5 (21)
<u>Cinna latifolia</u>	- 25.1 (21)
<u>Limnodea arkansana</u>	- 28.1 (21)
<u>Phleum pratense</u>	- 27.6 (21)
<u>Trinichloa micrantha</u>	- 29.5 (21)
<u>Aveneae</u>	
<u>Avena sativa</u>	- 24.3 (21)
<u>Deschampsia flexuosa</u>	- 24.4 (21)
<u>Sphenopholis obtusata</u>	- 28.7 (21)
<u>Festuceae</u>	
<u>Bechmannia syzigachne</u>	- 25.1 (21)
<u>Briza rotundata</u>	- 26.6 (21)
<u>Bromus catharticus</u>	- 27.0 (21)
<u>B. commutatus</u>	- 28.2 (21)
<u>B. inermis</u>	- 26.6 (21)
<u>B. purgans</u>	- 24.7 (21)
<u>B. tectorum</u>	- 28.0 (21)
<u>Dactylis glomerata</u>	- 27.5 (21)
<u>Poa compressa</u>	- 27.4 (21)
<u>P. secunda</u>	- 28.2 (21)
<u>Hordeae</u>	
<u>Agropyron intermedium</u>	- 28.8 (21)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Planta	$\delta^{13}\text{C}$ ‰
<u>A. repens</u>	- 25.7 (21)
<u>A. spicatum</u>	- 27.1 (21)
<u>Elymus canadensis</u>	- 27.1 (21)
<u>E. virginicus</u>	- 26.6 (21)
<u>Hordeum pusillum</u>	- 26.7 (21)
<u>Triticum aestivum</u>	- 23.7 (20) -26.9(2)
<u>Phalarideae</u>	
<u>Anthoxanthum odoratum</u>	- 27.8 (21)
<u>Hierochloae odorata</u>	- 22.8 (21)
<u>Phalaris arundinacea</u>	- 22.9 (21)
<u>P. brachystachys</u>	- 25.3 (21)
<u>P. canariensis</u>	- 26.3 (21)
<u>Oryzoideae</u>	
<u>Bambuseae</u>	
<u>Arundinaria tecta</u>	- 25.8 (21)
<u>Bambusa vulgaris</u>	- 29.5 (21)
<u>Phyllostachys aurea</u>	- 28.0 (21)
<u>Centotheceae</u>	
<u>Centotheca lappacea</u>	- 30.9 (21)
<u>Zeugites pittieri</u>	- 23.6 (21)
<u>Olyreae</u>	
<u>Cryptochloa lappacea</u>	- 30.9 (21)
<u>C. varians</u>	- 31.1 (21)
<u>Lithachne pauciflora</u>	- 29.7 (21)
<u>Olyra yucatanana</u>	- 29.8 (21)
<u>Oryzeae</u>	
<u>Leersia oryzoides</u>	- 27.5 (21)
<u>Oryza sativa</u>	- 25.6 (21)
<u>Parianeae</u>	
<u>Pariana bicolor</u>	- 30.3 (21)
<u>Phareae</u>	
<u>Pharus latifolius</u>	- 29.6 (21)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Planta	$\delta^{13}\text{C}$ o/oo
<u>Phyllorrhachieae</u>	
<u>Phyllorrhachis sagittata</u>	- 26.0 (21)
<u>Streptochaeteae</u>	
<u>Streptochaeta sodiroana</u>	- 29.5 (21)
<u>Streptogyneae</u>	
<u>Streptogyne americana</u>	- 32.3 (21)
<u>Unioleae</u>	
<u>Uniola latifolia</u>	- 28.6 (21)
<u>U. paniculata</u>	- 27.7 (21)
<u>Panicoideae</u>	
<u>Isachneae</u>	
<u>Coelachne africana</u>	- 27.3 (21)
<u>Isachne disperma</u>	- 27.1 (21)
<u>I. distichophylla</u>	- 25.6 (21)
<u>I. pubescens</u>	- 26.0 (21)
<u>Paniceae</u>	
<u>Amphicarpum purshii</u>	- 26.7 (21)
<u>Homolepsis aturensis</u>	- 27.6 (21)
<u>Hymenachne amplexicaulis</u>	- 27.2 (21)
<u>Ichnanthus pallens</u>	- 31.0 (21)
<u>Lasiachis procerrima</u>	- 25.8 (21)
<u>Oplismenus burmanni</u>	- 27.5 (21)
<u>O. hirtellus</u>	- 31.0 (21)
<u>Sacciolepis striata</u>	- 27.1 (21)
<u>Panicum (Dichantherium)</u>	
<u>P. ciliatum</u>	- 26.3 (21)
<u>P. clandestinum</u>	- 25.3 (21)
<u>P. commutatum</u>	- 26.4 (21)
<u>P. depauperatum</u>	- 25.2 (21)
<u>P. lancearium</u>	- 27.3 (21)
<u>P. latifolium</u>	- 25.3 (21)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Planta	$\delta^{13}\text{C}$ ‰
<u>P. linearifolium</u>	- 25.9 (21)
<u>P. meridionale</u>	- 23.8 (21)
<u>P. microcarpon</u>	- 26.7 (21)
<u>P. pacificum</u>	- 31.1 (21)-31.1(23)
<u>P. webberianum</u>	- 25.6 (21)
<u>P. xalapense</u>	- 25.6 (21)
<u>Panicum (Eupanicum)</u>	
<u>P. decipiens</u>	- 26.2 (13)
<u>P. gymnocarpon</u>	- 29.1 (21)
<u>P. hemitomom</u>	- 25.2 (21)
<u>P. hians</u>	- 26.0 (21)
<u>P. milioides*</u>	- 25.9 (13)
<u>P. verrucosum</u>	- 25.6 (21)
<u>P. zizanioides</u>	- 29.8 (21)
<u>Iridaceae</u>	
<u>Iris spuria</u>	- 27.4 (20)
<u>Palmae</u>	
<u>Trachycarpus khasianus</u>	- 25.3 (20)
<u>Cariota mitis</u>	- 26.7 (20)
<u>Pontederiaceae</u>	
<u>Eichhornia sp.</u>	- 31.8 (20)
<u>Typhaceae</u>	
<u>Typha sp.</u>	- 27.6 (20)
<u>Dicotyledoneae</u>	
<u>Aceraceae</u>	
<u>Acer rubrum</u>	- 26.7 (20)
<u>Batidaceae</u>	
<u>Batis maritima</u>	- 26.7 (20)
<u>Bombaceae</u>	
<u>Chorisia speciosa</u>	- 28.0 (20)

* P. milioides tem sido considerado como intermediário entre C_3 e C_4 .

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Planta	$\delta^{13}\text{C}$ ‰
<u>Casuarinaceae</u>	
<u>Casuarina stricta</u>	- 29.1 (20)
<u>Chenopodiaceae</u>	
<u>Atriplex calotheca</u>	- 29.1 (23)
<u>A. glabriuscula</u>	- 28.3 (23)
<u>A. hastata</u>	- 25.5 (23)
<u>A. hortensis</u>	- 27.8 (23)
<u>A. latifolium</u>	- 25.9 (23)
<u>A. littoralis</u>	- 27.1 (23)
<u>A. nitens</u>	- 26.7 (23)
<u>A. oblongifolia</u>	- 25.8 (23)
<u>Beta vulgaris</u>	- 30.1 (20)
<u>Kochia aphylla</u>	- 22.9 (23)
<u>Salicornia biglovii</u>	- 25.2 (20)
<u>Suaeda fruticosa</u>	- 26.5 (20)
<u>Compositae</u>	
<u>Achilla borealis</u>	- 34.3 (20)
<u>A. lanulosa</u>	- 31.6 (20)
<u>A. tomentosa</u>	- 27.6 (20)
<u>Artemisia pynoccephala</u>	- 24.2 (20)
<u>Baccharis pilularis</u>	- 28.1 (20)
<u>Chrysothamnus nauseosus</u>	- 30.5 (20)
<u>Helianthus annuus</u>	- 27.8 (20)
<u>Convolvulaceae</u>	
<u>Dichodra sp.</u>	- 30.3 (20)
<u>Cruciferae</u>	
<u>Raphanus sp.</u>	- 28.8 (20)
<u>Cucurbitaceae</u>	
<u>Cucurbita sp.</u>	- 26.2 (20)
<u>Ericaceae</u>	
<u>Arctostaphylos pumila</u>	- 28.7 (20)
<u>Euphorbiaceae</u>	
<u>Ricinis communis</u>	- 28,7 (20)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Planta	$\delta^{13}\text{C}$ ‰
<u>Fagaceae</u>	
<u>Quercus engelmannii</u>	- 28.9 (20)
<u>Q. palustris</u>	- 26.5 (20)
<u>Frankeniaceae</u>	
<u>Frankenia grandifolia</u>	- 26.4 (20)
<u>Leguminosae</u>	
<u>Arachis hypogea</u>	- 28.5 (20)
<u>Genista monosperma</u>	- 28.6 (20)
<u>Pisum sativum</u>	- 26.1 (20)
<u>Magnoliaceae</u>	
<u>Magnolia grandifolia</u>	- 26.1 (20)
<u>Myrtaceae</u>	
<u>Eucalyptus globulus</u>	- 33.3 (20)
<u>Oleaceae</u>	
<u>Olea europaea</u>	- 26.8 (20)
<u>Plantanaceae</u>	
<u>Platanus occidentalis</u>	- 30.5 (20)
<u>Plumbaginaceae</u>	
<u>Limonium commune</u>	- 23.2 (20)
<u>Proteaceae</u>	
<u>Grevillea lanigera</u>	- 28.3 (20)
<u>Hakea leucoptera</u>	- 30.4 (20)
<u>Rhamnaceae</u>	
<u>Ceanothus sp.</u>	- 29.1 (20)
<u>Rutaceae</u>	
<u>Citrus sp.</u>	- 25.6 (20)
<u>Salicaceae</u>	
<u>Populus alba</u>	- 28.4 (20)
<u>Scrophulariaceae</u>	
<u>Mimulus cardinalis</u>	- 34.1 (20)
<u>M. lewisii</u>	- 32.3 (20)
<u>Solanaceae</u>	
<u>Nicotiana tobaccum</u>	- 30.7 (20)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Plantas	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$
<u>Verbenaceae</u>	
<u>Avicennia nitida</u>	- 23.8 (20)
<u>II Plantas C_4</u>	
<u>Gymnospermae</u>	
<u>Welwitschiaceae</u>	
<u>Welwitschia mirabilis**</u>	- 14.4 (20)
<u>Angiospermae</u>	
<u>Monocotyledoneae</u>	
<u>Cyperaceae</u>	
<u>Cyperus albomarginatus</u>	- 11.3 (23)
<u>Cyperus sp.</u>	- 15.9 (20)
<u>Gramineae</u>	
<u>Aristoideae</u>	
<u>Aristideae</u>	
<u>Aristida glauca</u>	- 13.4 (21)
<u>A. purpurea</u>	- 13.8 (21)
<u>Eragrostoidae</u>	
<u>Aeluropideae</u>	
<u>Distichlis spicata</u>	- 12.8 (21), -14.7(20)
<u>Jouvea pilosa</u>	- 11.4 (21)
<u>Monanthochloë littoralis</u>	- 14.1 (21) - 15.3 (20)
<u>Vaseyochloa multinervosa</u>	- 14.6 (21)
<u>Chlorideae</u>	
<u>Bouteloa curtipendula</u>	- 12.5 (21)
<u>B. filiformis</u>	- 12.8 (21)
<u>Buchloë dactyloides</u>	- 14.3 (21)
<u>Chloris cucullata</u>	- 15.9 (21)
<u>Cynodon dactylon</u>	- 12.8 (21)

** O enquadramento de *Welwitschia mirabilis* como C_4 não aparece confirmado por outros critérios de determinação.

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Plantas	$\delta^{13}\text{C}^{\text{‰}}$
<u>Dactyloctenium aegyptium</u>	- 12.2 (21), -11.8 (13)
<u>Eleusine indica</u>	- 12.1 (13)
<u>Gymnopogon ambiguus</u>	- 13.4 (21)
<u>Leptochlos virgata</u>	- 11.9 (13)
<u>Eragrosteae</u>	
<u>Eragrostis ciliaria</u>	- 11.5 (13)
<u>E. intermedia</u>	- 15.6 (21)
<u>Tridens albescens</u>	- 13.5 (21)
<u>T. pilosus</u>	- 13.4 (21)
<u>Leptureae</u>	
<u>Lepturus repens</u>	- 12.7 (21)
<u>Pappophoreae</u>	
<u>Neostapfia colusana</u>	- 13.3 (21)
<u>Orcuttia californica</u>	- 13.6 (21)
<u>Pappophorum bicolor</u>	- 13.4 (21)
<u>Spartineae</u>	
<u>Spartina alterniflora</u>	- 13.1 (21)
<u>Sporoboleae</u>	
<u>Lycurus phleoides</u>	- 13.8 (21)
<u>Muhlenbergia emersleyi</u>	- 11.0 (21)
<u>M. linheimeri</u>	- 12.4 (21)
<u>Sporobulus wrightii</u>	- 12.3 (21)
<u>Zoysieae</u>	
<u>Hilaria belangeri</u>	- 13.8 (21)
<u>Zoizia japonica</u>	- 14.7 (21)
<u>Z. matrella</u>	- 12.3 (21)
<u>Panicoideae</u>	
<u>Andropogoneae</u>	
<u>Andropogon glomeratus</u>	- 14.1 (21)
<u>A. perfuratus</u>	- 11.7 (21)
<u>A. saccharoides</u>	- 11.7 (21)
<u>Bothriochloa alta</u>	- 12.4 (21)
<u>Chrysopogon montanus</u>	- 11.8 (21)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Plantas	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$
<u>Cymbopogon citratus</u>	- 14.8 (21)
<u>Eremochloa ophiuroides</u>	- 11.2 (21)
<u>Ratraya petiolata</u>	- 12.8 (21)
<u>Saccharum officinarum</u>	- 13.9 (21)
<u>Sorghum halepensis</u>	- 10.9 (13)
<u>S. vulgare</u>	- 13.8 (21)
<u>Themeda triandra</u>	- 12.0 (21)
<u>Anthephorae</u>	
<u>Anthephora elegans</u>	- 10.8 (21)
<u>A. elongata</u>	- 10.0 (21)
<u>A. hermaphrodita</u>	- 11.1 (21)
<u>A. pubescens</u>	- 12.5 (21)
<u>Arthropogoneae</u>	
<u>Arthropogon villosus</u>	- 13.3 (21)
<u>Reynaudia filiformis</u>	- 11.6 (21)
<u>Snowdenia polystachya</u>	- 13.5 (21)
<u>Arundinelleae</u>	
<u>Arundinella berteroniana</u>	- 14.5 (21)
<u>A. deppeana</u>	- 11.7 (21)
<u>Garnotieae</u>	
<u>Garnotia stricta</u>	- 9.5 (21)
<u>Maydeae</u>	
<u>Euchlaena perennis</u>	- 11.9 (21)
<u>Tripsacum dactyloides</u>	- 12.2 (21)
<u>Zea mays</u>	- 13.6 (21), -12.3 (2)
<u>Melinideae</u>	
<u>Melinis minutiflora</u>	- 12.7 (21)
<u>Rhynchelytrum roseum</u>	- 12.7 (21)
<u>Panicéae</u>	
<u>Anthaenantia rufa</u>	- 12.2 (21)
<u>Axonopus affinis</u>	- 10.6 (21)
<u>Brachiaria platyphylla</u>	- 12.7 (21)
<u>Cenchrus ciliaris</u>	- 11.7 (21)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Plantas	$\delta^{13}\text{C}^{\text{0/00}}$
<u>C. incertus</u>	- 11.5 (21)
<u>Digitaria adscendens</u>	- 11.6 (21)
<u>Echinochloa crusgalli</u>	- 11.4 (21)
<u>Leptolona cognatum</u>	- 12.2 (21)
<u>Panicum (Eupanicum)</u>	
<u>P. anceps</u>	- 11.8 (21)
<u>P. antidotale</u>	- 14.1 (21)
<u>P. capillare</u>	- 14.3 (21), -13.6 (23)
<u>P. dichotomiflorum</u>	- 14.1 (21)
<u>P. geminatum</u>	- 11.3 (21)
<u>P. hallii</u>	- 13.4 (21)
<u>P. maximum</u>	- 13.3 (21)
<u>P. obtusum</u>	- 12.7 (21)
<u>P. plenum</u>	- 11.9 (21)
<u>P. purpurascens</u>	- 11.3 (21)
<u>P. repens</u>	- 12.2 (13)
<u>P. reptans</u>	- 11.4 (21)
<u>P. tenerum</u>	- 11.4 (21)
<u>P. urvilleanum</u>	- 12.1 (21)
<u>P. virgatum</u>	- 12.1 (21)
<u>Panicum (Paurochaetium)</u>	
<u>P. ramisetum</u>	- 11.7 (21)
<u>P. reverchonii</u>	- 11.9 (21)
<u>Paspalum conjugatum</u>	- 12.0 (13)
<u>P. maritimum</u>	- 10.8 (13)
<u>P. pubiflorum</u>	- 12.6 (21)
<u>P. urvillei</u>	- 11.3 (21)
<u>Pennisetum ciliare</u>	- 11.3 (21)
<u>Reimarochloa acuta</u>	- 12.3 (21)
<u>Setaria scheelei</u>	- 12.6 (21)
<u>Stenotaphrum secundatum</u>	- 15.7 (21), -11.6 (13)
<u>Trichachne californica</u>	- 11.2 (21)

Tabela 1 - (Continuação) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Plantas	$\delta^{13}\text{C}^{\circ}/\text{oo}$
<u>Trachyeae</u>	
<u>Trachys muricata</u>	- 11.6 (21)
<u>Dicotyledoneae</u>	
<u>Amaranthaceae</u>	
<u>Amaranthus edulis</u>	- 15.4 (20)
<u>Chenopodiaceae</u>	
<u>Atriplex canescens</u>	- 18.0 (20)
<u>A. halimus</u>	- 17.1 (20), -14.3 (23)
<u>A. inflata</u>	- 11.3 (23)
<u>A. lentiformis</u>	- 16.4 (20)
<u>A. nummularia</u>	- 16.7 (20), -13.7 (23)
<u>A. polycarpa</u>	- 17.6 (20)
<u>A. rhagodioides</u>	- 11.9 (23)
<u>A. rosea</u>	- 12.8 (23)
<u>A. semibaccata</u>	- 18.3 (20)
<u>A. suberecta</u>	- 14.6 (23)
<u>A. vesicaria</u>	- 15.1 (20)
<u>Kochia childsii</u>	- 14.8 (20)
<u>K. scoparia</u>	- 14.0 (20)
<u>Saxifragaceae</u>	
<u>Philadelphus microphyllus</u>	- 17.1 (20)
III Plantas MAC	
<u>Angiospermae</u>	
<u>Monocotyledoneae</u>	
<u>Bromeliaceae</u>	
<u>Ananas comosus</u>	- 14.6 (4)
<u>Tillandsia usneoides</u>	- 18.6 (20)
<u>Liliaceae</u>	
<u>Aloe arborescens</u>	- 24.5 (3)
<u>A. broonii</u>	- 23.2 (4)
<u>Haworthia alternuata</u>	- 17.1 (3)
<u>Sanseveria fasciata</u>	- 21.8 (4)
<u>Yucca filamentosa</u>	- 27.1 (3)

Tabela 1 - (Conclusão) - Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e possível enquadramento de plantas como C_3 , C_4 ou MAC.

Plantas	$\delta^{13}\text{C}^{\text{o}}/\text{o}$
<u>Dicotyledoneae</u>	
<u>Aizoaceae</u>	
<u>Mesembryanthemum echilensi</u>	- 23.6 (20)
<u>M. crystallianum</u>	- 22.5, - 28.3 (17)
<u>Cactaceae</u>	
<u>Cereus peruvianus</u>	- 15.2 (3)
<u>Opuntia humifusa</u>	- 13.8 (3)
<u>O. inermis</u>	- 11.0, - 18,0 (17)
<u>O. strobiliformis</u>	- 15.7 (3)
<u>Schlumbergera bridgesii</u>	- 18.1 (4)
<u>Zygocactus truncatus</u>	- 16.5, - 22.2 (4)
<u>Compositae</u>	
<u>Senecio gregori</u>	- 19.5 (3)
<u>Crassulaceae</u>	
<u>Crassula argentea</u>	- 15.9, - 18.2 (4)
<u>C. tomentosa</u>	- 18.9 (3)
<u>Echeveria cilva</u>	- 18.1 (3)
<u>Kalanchoe blossfeldiana</u>	- 13.0, - 23.2 (11)
<u>K. daigremontiana</u>	- 16.4, - 27.5 (4)
<u>K. fedtschenkoi</u>	- 16.3, - 33.3 (4)
<u>K. pinnata</u>	- 15.2, - 29.9 (4)
<u>K. tubiflora</u>	- 14.2 (3), -17.5, -27.7(4)
<u>K. verticillata</u>	- 15.8, -25.4 (4)
<u>Nananthus malherbi</u>	- 30.5 (4)
<u>Sedum pulchellum</u>	- 29.6 (4)
<u>S. rubrotinctum</u>	- 13.8 (3), -15.2, -23.6(4)
<u>S. spectabile</u>	- 26.6 (3)
<u>S. spurium</u>	- 27.6 (3)
<u>S. telephium</u>	- 29.2, - 24.9 (4)
<u>S. telephoides</u>	- 22.0, - 26.4 (4)
<u>Sempervivum calcareum</u>	- 16.8 (3)
<u>Euphorbiaceae</u>	
<u>Euphorbia tirucalli</u>	- 15.3 (3)
<u>Pedilanthus tithymaloides</u>	- 15.9 (3)

BIBLIOGRAFIA

1. ABELSON, P. H. & HOERING, T. C. Carbon isotope fractionation in formation of amino acids by photosynthetic organisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 47(5):623-32, May 1961.
2. BENDER, M. M. Mass spectrometric studies of carbon -13 variations in corn and other grasses. *Radiocarbon*, 10:468-72, 1968.
3. —. Variations in the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of plants in relation to the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation. *Phytochemistry*, New York, 10:1239-44, 1971.
4. —; ROUHANI, I.; VINES, H. M.; BLACK Jr., C.C. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio changes in crassulacean acid metabolism plants. *Plant Physiology*, Lancaster, 52(5):427-30, 1973.
5. BERRY, J.; TROUGHTON, J. H.; BJORKMAN, O. Effect of oxygen concentration during growth on carbon isotope discrimination in C_3 and C_4 species of *Atriplex*. *Carnegie Institute Yearbook*, 71:158-61, 1972.
6. BLACK Jr., C. C. Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO_2 uptake. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, California, 24:253-88, 1973.
7. BROWN, R. H. & BROWN, W. V. Photosynthetic characteristics of *Panicum milioides*, a species with reduced photorespiration. *Crop Science*, Madison, 15:681-5, 1975.
8. DOWNTON, W. J. S. Preferential C_4 - dicarboxylic acid synthesis, the postillumination burst, carboxyl transfer step, and grana configuration in plants with C_4 - photosynthesis. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 48:1785-800, 1970.
9. EDWARDS, Gerald E. & BLACK Jr., C. C. Isolation of mesophyll cells and bundle sheath cells from *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. leaves and a scanning microscopy study of the internal leaf cell morphology. *Plant Physiology*, Lancaster, 47(1):149-56, Jan. 1971.

10. LERMAN, J. C. & QUEIROZ, O. Carbon fixation and isotope discrimination by a Crassulacean plant; dependence on the photoperiod. *Science*, Washington, 183:1207-9, Mar.1974.
11. —; DELLENS, E.; NATO, A.; MOYSE, A. Variation in the carbon isotope composition of a plant with Crassulacean acid metabolism. *Plant Physiology*, Lancaster, 54:581-4, 1974.
12. LOWDON, S. A. Isotopic fractionation in corn. *Radiocarbon*, 11:391-3, 1969.
13. MATSUI, E.; SALATI, E.; SAMPAIO, E. V. S. B.; DALL'OLIO, A. Efeito do clima e nutrição mineral no $\delta^{13}\text{C}$ de plantas em Pernambuco. Trabalho inédito com título provisório.
14. MOONEY, H.; TROUGHTON, J. H.; BERRY, J. A. Arid climates and photosynthetic systems. *Carnegie Institute Yearbook*, 73:793-805, 1974.
15. O'NEAL, D.; HEW, C.S.; LATAZKO, E.; GIBBS, M. Photosynthetic carbon metabolism of isolated corn chloroplasts. *Plant Physiology*, Lancaster, 49:607-14, 1972.
16. OSMOND, C. B.; ALLAWAY, W. G.; SUTTON, B.G.; TROUGHTON, J. H.; QUEIROZ, O.; LUTIGE, V.; WINTER, K. Carbon isotope discrimination in photosynthesis of CAM plants. *Nature*, London, 246:41-2, 1973.
17. —; ZIEGLER, H.; STICHLER, W.; TRIMBORN, P. Carbon isotope discrimination in alpine succulent plants supposed to be capable of Crassulacean acid metabolism (CAM). *Oecologia*, Berlin, 18:209-17, 1975.
18. PARK, R. & EPSTEIN, S. Carbon isotope fractionation during photosynthesis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, New York, 21:110-26, 1960.
19. SMITH, B. N. & BROWN, W. V. The Kranz syndrome in the Gramineae as indicated by carbon isotopic ratios. *American Journal of Botany*, Michigan, 60(6):505-13, July 1973.
20. — & EPSTEIN, S. Two categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants. *Plant Physiology*, Lancaster, 47:380-4, 1971.

21. SMITH, B. N.; HERATH, H. M. W.; CHASE, J. B. Effect of growth temperature on carbon isotopic ratios in harley, pea and rape. *Plant Cell Physiology*, 14: 177-82, 1973.
22. SZAREK, S. R. & TROUGHTON, J. H. Carbon isotope ratios in Grassulacean acid metabolism plants. *Plant Physiology*, Lancaster, 58:367-70, 1976.
23. TREGUNA, E. B.; SMITH, B. N.; BERRY, J. A.; DOWNTON, W. J. S. Some methods for studying the photosynthetic taxonomy of the angiosperms. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 48:1209-14, 1970.
24. TROUGHTON, S. H.; CARD, K. A.; BJÖRMMAN, O. Temperature effects on the carbon isotope ratio of C₃, C₄ and CAM plants. *Carnegie Institute Yearbook*, 73:780-3, 1974.
25. WHELAN, T.; SACKETT, W. M.; BENEDICT, C. R. Carbon isotope discrimination in a plant possessing the C₄ dicarboxylic acid pathway. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 41:1205-10, 1970.
26. —; —; —. Enzymatic fractionation of carbon isotopes by phosphoenolpyruvate carboxylase from C₄ plants. *Plant Physiology*, Lancaster, 51:1051-54, 1973.