

ANATOMIA DA TUBEROSIDADE (Lignotuber) NA REGIÃO DO COLETO EM
Eucalyptus spp.*

Chotaro Shimoya
Adauto C. Zunti**

1. INTRODUÇÃO

O xilopódio é uma tuberosidade do caule, ou da raiz, que ocorre nas plantas da região árida ou semiárida. Segundo RIZZINI (4), verifica-se que, "quando a germinação é hipógea, não havendo hipocôtilo individualizado, ele se forma à custa da tuberização da porção superior da raiz primária". Diz, ainda, que uma característica notória e notável, que os xilopódios comumente exibem nos campos de areia fina, originária de quatzito, é também a curvatura da raiz primária e das raízes secundárias e adventícias, que se orientando paralelamente à superfície do solo, não se aprofundam, descendo apenas 10 a 30 cm". Uns xilopódios são formados exclusivamente pelo lenho secundário; outros, por parênquima cortical aquífero, especialmente desenvolvido em torno do cilindro central não ampliado.

RIZZINI (5), referindo-se aos eucaliptos, comenta, que uma "feição característica de gênero *Eucalyptus* é a presença, na grande maioria das espécies, de peculiares tubérculos lenhosos e duros, durante os primeiros anos de desenvolvimento, denominados na literatura corrente de "lignotubers". Nas árvores, desaparecem mais tarde, englobados na raiz; nos arbustos, permanecem como grande massa do lenho".

O termo "lignotibers", segundo CARRODUS (2), foi criado por KERR, em 1925, para descrever o intumescimento encontrado nas axilas dos cotilédones e sucessivamente em alguns nós de muitas espécies de *Eucalyptus*. Os primeiros trabalhos sobre a origem foi atribuída à deficiência de nutrição, infecção bacteriana e outras causas. Posteriormente, o mesmo autor estabeleceu que as plantas mais bem nutridas apresentavam maiores lignotuberes, e seus tecidos continham amido. Em vista deste fato, o autor acreditou que os "lignotúberes" não fossem originados por doença, e sim de uma anomalia no desenvolvimento

* Aceito para publicação em 31-3-1973.

** Respectivamente, Professor Titular de Botânica do Deptº de Biologia do I.C.B. da Universidade Federal de Viçosa e Engº-Agrº M.S. do DNPEA - IPEACS e da CVRD - DOCEMADE, Estado do Espírito Santo.

de muitas espécies de *Eucalyptus*. O mesmo autor cita que WEIR, em 1969, observou os trabalhos de KERR com plantas em melhores condições com nitrogênio, fósforo e em diversos períodos de exposição de luz; observou que o maior crescimento das plantas de *E. radiata* induziu maior ocorrência de "lignotúberes" nos primeiros meses de vida das plantas.

CHATTAWAY (3) estudou gemas de folhas de 44 espécies e gemas de cotilédones de 47 espécies de *Eucalyptus*. Neste último grupo, em 12 espécies, não verificou a formação de lignotuber. A importância do lignotuber em plantas novas, segundo o referido autor, baseia-se no poder regenerativo, conteúdo de reserva nutritiva, enquanto as gemas se encontram dormentes. Nem todos os eucaliptos possuem lignotúberes, sendo observados com maior freqüência nas espécies que vegetam nas zonas áridas da Austrália, sem contudo existir nenhuma relação quanto o habitat ou espécies que indicam a sua formação.

Há algumas suposições a respeito da sua origem: 1) edáfica - no verão em operações de cultivos, quando se chega mais terra à planta na região do coleto, modifica-se o ambiente (temperatura), causando o fenômeno; semelhante efeito poderá ser provocado com a aplicação de "mulch"; 2) genética - em Linhares, Espírito Santo, foi observada maior ocorrência em *Eucalyptus citriodora* Hook e quase nada em *E. saligna* Smith e outros; 3) saco plástico - a falta de remoção do saco no plantio poderá provocar o aparecimento da tuberosidade por provocar a deformação do sistema radicular. A formação de mudas em torrão, como se vê na figura 14, não é mais empregada. A DOCEMADE atualmente emprega subsolo argiloso com adubação química que é ensacado em plástico para o semeio direto de eucalipto; no plantio de mudas ele é retirado totalmente.

ARENS e ARENS (1) estudaram 15 plantas de *E. citriodora*, mantidas mais de um ano em engradados pequenos, onde podiam desenvolver convenientemente o seu sistema radicular, atingindo apenas 1,5 m de altura. Outras plantas da mesma sementeira que foram retiradas dos engradados e plantadas no solo atingiram mais de 4 m de altura. Nos 2 lotes examinados, observaram-se a ocorrência de amido e a formação de lignotúberes.

A tuberosidade na região do coleto, em eucaliptos, não é um xilopódio, pois difere na forma do seu desenvolvimento e na sua constituição anatômica. Nesta particularidade, a tuberosidade dos eucaliptos se enquadra, bem com a denominação de lignotúberes (tubérculos de plantas arbóreas) e parece tratar-se de um caso teratológico ou anormalidade causada por condições adversa do meio e do estado nutricional das plantas.

2. MATERIAL E MÉTODO

Foram usadas plantas novas com 6 meses de idade, coletadas na Estação de Pesquisas Florestais da Escola Superior de Florestas da Universidade Federal de Viçosa, Estado de Minas Gerais, e outra com 2 anos de idade, de Linhares, Estado do Espírito Santo. Os cortes foram feitos nos sentidos transversal e longitudinal, com espessura de 15 a 40 microns, fixados em uma solução de álcool 60% + formol + ácido acético, na proporção de 8:1:1 e corados em safranina. As fotomicrografias foram obtidos com aparelho Contax e fotomicroscópio da Zeiss.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No viveiro de eucaliptos da Estação de Pesquisas Florestais da E.S.F. da U.F.V., notou-se que algumas plantas apresentavam tuberosidade na região do coleto. Verificou-se, também, que a ocorrência é freqüente em plantas com maior desenvolvimento, conforme observação de CARRODUS (2). Isto dá idéia de um desenvolvimento excessivo da planta, provocando uma expansão medular na região do coleto (figuras 1 e 2), talvez na região onde se inserem os cotilédones. Foi observado em um eucáliptal com dois anos, aproximadamente, que as plantas de porte menor que as normais, e mais ramificadas, possuíam tuberosidades na região junto à superfície da terra, ou pouco abaixo. Geralmente, estas plantas não sofreram remoção completa do saco plástico na operação de plantio e pertenciam à espécie *E. citriodora* Hook (figuras 11 e 13). A alteração poderia ter sido causada por agentes do meio, segundo ARENS e ARENS (1). As plantas de crescimento reduzido, com maior freqüência que as outras, apresentavam desenvolvimento dos lignotúberes, que poderiam ser causados pelos sacos plásticos. Mas como se explicaria o fenômeno nas plantas de viveiro? Para esta finalidade, tomaram-se 2 vasos contendo 3 plantas cada e fez-se a remoção de folhas basilares à mão. Decorrido um mês, as plantas de um dos vasos foram submetidas a um período de seca, até apresentarem início de murcha dos ponteiros, quando foram irrigadas, restabelecendo-se dentro de duas horas. As plantas que sofreram o fenômeno de seca, decorrido mês e meio, aproximadamente, apresentaram, logo acima do colo, início de tuberosidades. Estas tuberosidades atingiram, um mês após, o tamanho mostrado na figura 14. Plantas do outro vaso que receberam água regularmente tiveram desenvolvimento normal. Assim, os autores acreditam que a formação de tuberosidade nas plantas no viveiro deva ser atribuída a injúria ou a tratos inadequados durante a formação de mudas. Havendo dois casos de comportamento completamente inverso, maior vigor no primeiro caso e menor no segundo, pode-se deduzir, desta forma, que há duas modalidades ou dois períodos de formação, o que parece concordar com RIZZINI (5). Diz esse autor que as espécies que não formam tubérculos caulinares apresentam uma parte de tubérculos radiculares, estes, sim, inteiramente homólogos dos tubérculos de árvores do cerrado. Os maiores lignotúberes encontram-se em espécies arbustivas, ditas "mallees". Tais órgãos estão sob controle genético.

Foram feitos cortes transversais e longitudinais em diversas alturas da tuberosidade das plantas novas de *Eucalyptus saligna* Smith com seis meses de idade, observando-se que no início apresentavam estrutura semelhante à emissão de raiz de uma estaca de figueira em enraizamento (6); porém, à medida que se desenvolve para a periferia, os tecidos se tornam mais simples, ao invés de complexos, e pressionam todos os tecidos da casca. O fenômeno tem origem na proximidade da medula, ou na própria medula, e se desenvolve geralmente em direções opositas, cujas estruturas são simétricas (figura 1). Outras vezes, observa-se pequena diferença na altura, ou mais de duas tuberosidades iniciais, que poderiam ser originárias das gemas foliares, considerando plantas jovens de entrenós curtos (plantas de filotaxia alterna). Segundo RIZZINI (5), "os tubérculos

de eucaliptos, em última análise, são *caulinares*, pois originam-se do nó cotiledonar para cima", e diz ainda que, no curso de sua formação e expansão, eles incorporam uma série de gemas rudimentares, as quais se achavam mergulhadas no caule; segue-se, portanto, que cada *lignotuber* é uma agregação de gemas latentes. Nesta situação, eles permanecerão enquanto não surgir nenhuma perturbação ambiental (seca, fogo etc). Estas particularidades não foram observadas pelos autores, nem tão pouco há concordância quanto ao número de tuberosidades, que pode ser superior a dois (figura 14).

As figuras 1 e 2 mostram um aspecto inicial do processo de formação da tuberosidade. O tecido medular desenvolve-se em direção anticlinal, e o lenho parece sofrer uma espécie de força, que se transforma e ao mesmo tempo é pressionado para a periferia do caule. Este fenômeno é semelhante à metaplasia, em que os elementos lenhosos sofrem profunda transformação na sua estrutura. A parede celular diminui a sua espessura e o conteúdo celular aumenta de volume, ficando as células turgidas. Desta forma, as fibras esclerenquimatosas retornam a parênquima, os raios lenhosos também se transformam em parênquima com parede mais delgada, bem turgida, e algumas das suas células ficam ricas em substâncias resinosas. Os vasos lenhosos se transformam gradativamente, mais lentamente do que os anteriores, e nem sempre chegam ao estado de parênquima, visto serem modificados mais externamente do que internamente (figuras 3, 4, 5 e 6). Este fenômeno inicia-se da medula para periferia, partindo de dois pontos opostos, conforme já foi mencionado, formando uma espécie de dois cones ou funis. A figura 1 representa o corte transversal na altura mediana, e a figura 2, em posição mais alta. Uma substância diferenciadora parece ter origem na medula e provocar uma espécie de lise (figura 4), iniciando-se no sentido radial, podendo atingir o último anel lenhoso, modificando todos os tecidos lenhosos, do centro para periferia (figura 1). Mais tarde, talvez em razão do volume dos tecidos envolvidos, que sofrem o fenômeno de regressão, parece diminuir a intensidade da lise (figuras 3 e 4). Como já foi dito, é grande a intensidade do fenômeno, chegando até a dissolver os tecidos (lise); entretanto, o efeito diminui gradativamente e, assim, podem-se observar três zonas distintas no lenho: (I) periférica (figura 5), (II) subperiférica ou submediana (figura 6) e (III) central (figuras 4 e 8). Os tecidos lenhosos periféricos transformam-se gradativamente (figura 5), isto é, sofrem deslocamento, segundo o desenvolvimento da tuberosidade, e neste processo vai perdendo pouco a pouco a sua estrutura primitiva, que se diferencia no sentido da forma mais simples. Algumas das suas células ricas em paraplasma passam, gradativamente, para a posição subperiférica. O tecido assim formado é mais uniforme na sua estrutura (figuras 6 a 9). Os tecidos da região mediana da tuberosidade (figura 4) poderão culminar, quando extenso, em uma formação semelhante à de uma medula (figuras 7 e 8), onde se congregam as células ricas em paraplasma (resina), que sob a influência dos tecidos que os limitam podem exercer modificação até se igualarem. Estes tecidos, segundo CHATTAWAY (3), poderiam ser originados de gemas axiais.

Assim como a tuberosidade foi dividida em três zonas, no sentido radial, ela pode, também, ser dividida no sentido tan-

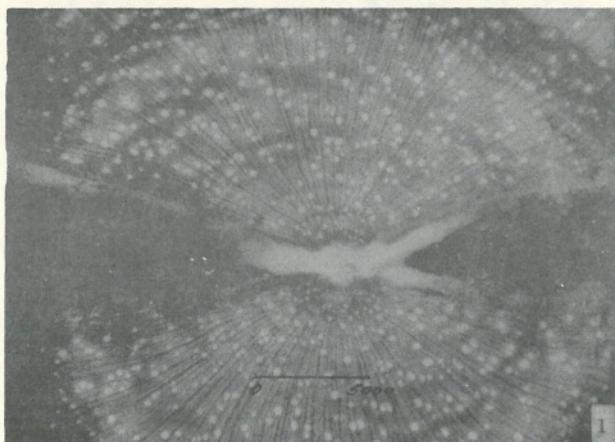


FIGURA 1 - Corte transversal na região mediana de caule de *E. saligna*, exemplar com seis meses de idade, mostrando a formação inicial dos tecidos das tuberosidades.

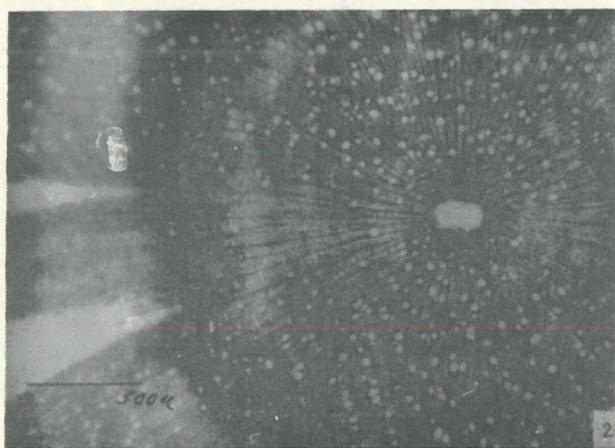


FIGURA 2 - Corte transversal de caule de *E. saligna* em plano superior ao da figura 1.



FIGURA 3 - Corte transversal do caule de *E. saligna*, mostrando as partes claras do primeiro anel lenhoso, consequência do fenômeno de lise. As células desaparecem e as primeiras camadas de células restantes que as limitam apresentam parênquima, e tomam direção oblíqua à semelhança de uma força de corrente de fluido que atuasse sob o referido tecido.

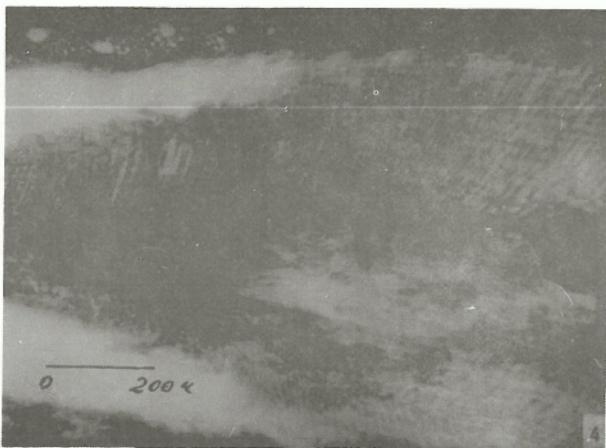


FIGURA 4 - Corte transversal do caule de *E. saligna*, mostrando a porção mediana da figura 3 ampliada. Observa-se que o parênquima que se liga ao segundo anel lenhoso muda de direção, iniciando-se na parte mediana ou central, o esboço de uma figura semelhante à medula.

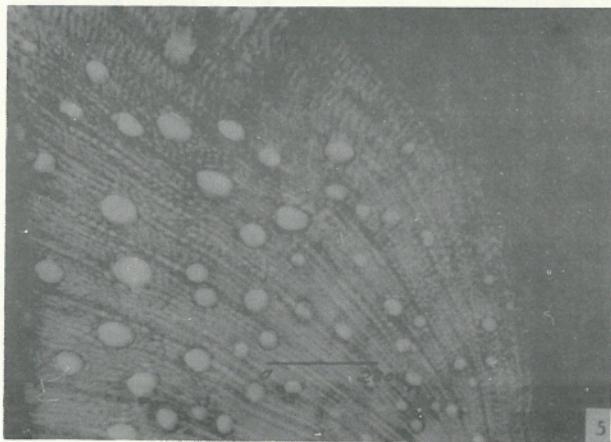


FIGURA 5 - Corte transversal do caule de *E. saligna*, mostrando, à direita, o deslocamento do lenho pelo desenvolvimento da tuberosidade.



FIGURA 6 - Corte transversal do caule de *E. saligna*, mostrando a porção mediana da tuberosidade, na altura do último anel lenhoso, onde se notam alguns vasos lenhosos bastante diferenciados, bem como raios e fibras.



FIGURA 7 - Corte transversal do caule de *E. saligna*, mostrando a região mediana da tuberosidade, onde se observa uma figura semelhante à medula.

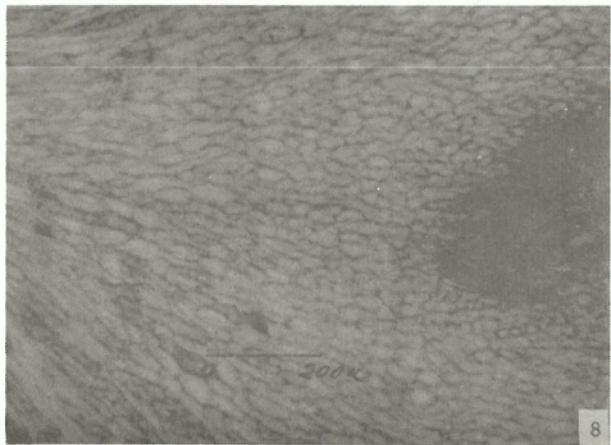


FIGURA 8 - Corte transversal do caule de *E. saligna*, mostrando ampliada a região central da figura 7.

gencial em três, segundo os anéis de crescimento. A primeira zona comprehende a medula e o primeiro anel lenhoso onde se inicia o fenômeno de formação da tuberosidade, portanto, as transformações são mais rápidas (figuras 3 e 4). A segunda zona, lenhosa, e que precede a anterior, é formada de lenho mais escuro e compacto (figura 4), em virtude da sua extensão, e apresenta-se mais ou menos paralela; aqui se forma tecido semelhante à medula (figuras 4, 7 e 8). A terceira zona periférica, aumenta o diâmetro da tuberosidade, bem como o seu comprimento, pressionando a casca (figura 10). Os tecidos da tuberosidade desta zona são constituídos quase que exclusivamente de um tipo parênquima, trazendo, porém, traços de sua origem, conforme pode ser visto na figura 9. A transformação gradativa dos vasos, raios e fibras lenhosas em parênquima, representaria a transformação de estruturas lenhosas para um tipo de reserva, portanto, uma total alteração de sua função fisiológica. Esta tuberosidade poderá ser absorvida, mais tarde, com o desenvolvimento do lenho normal. A figura 12 mostra uma reação do caule no sentido de desenvolver a sua parte homóloga da raiz. Consumado este desenvolvimento, a tuberosidade será eliminada.

A tuberosidade observada nas plantações novas de um eucalipto, conforme mostram as figuras 11 (com plástico), 12 (após a sua remoção) e 13 (aspecto dos cortes transversais e longitudinal mediano), possui tecidos diferentes em sua estrutura dos observados em plantas novas. Pode acontecer que em certa fase do primeiro desenvolvimento a tuberosidade passe por este estádio. Atingida a maturidade do tecido e com a mudança de direção, os vasos lenhosos não mantêm continuidade, isto é, são encontrados em grupos mais ou menos isolados, do mesmo modo que os raios e as fibras lenhosas. CHATTAWAY (3) denominou este tipo de estrutura de "phlacotracheae", isto é, aos elementos do lignotuber, exceto as células do raio. Isto poderia ter duas interpretações: I) estes tecidos são formados paralelamente ou simultaneamente aos normais; II) são originados, especificamente, por um agente excitador ou gerador, oriundo de um fator do meio genético etc. Se esta tuberosidade progredindo, a planta poderá morrer, pela barreira ou obstáculo à perfeita continuidade que ela constitui, impedindo a adequada translocação da seiva.

Contrariamente à observação de RIZZINI (4), não foi observada a existência de nenhuma gema, principalmente na região mediana. Com o crescimento da tuberosidade, a porção cortical não acompanha o mesmo ritmo de desenvolvimento, sofrendo deste modo uma espécie de deslizamento e arrastando neste movimento a estrutura periférica da casca, uma porção indo para base, junto à raiz, e outra para o caule. Se existissem gemas, só poderiam estar localizadas nas regiões extremas da tuberosidade. É admissível, porém, surgirem gemas posteriormente, porque os tecidos vivos respondem a influências do meio ou ao condicionamento genético. Os tubérculos de eucaliptos diferem dos das outras plantas pela sua estrutura anatômica, em razão de serem formados exclusivamente pelo lenho secundário ou pela parênquima cortical aquífero, especialmente desenvolvido em torno do cilindro central não ampliado (2).



FIGURA 9 - Corte transversal do caule de *E. saligna*, mostrando a estrutura da tuberosidade correspondente à sua parte lenhosa final, que é a continuação da figura 6.



FIGURA 10 - Corte transversal do caule de *E. saligna*, mostrando a mudança de direção causada pelo desenvolvimento da tuberosidade à última camada lenhosa com casca.

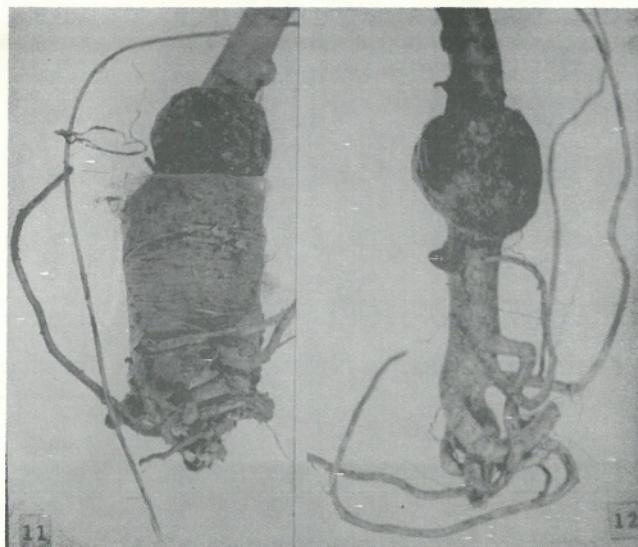


FIGURA 11 - Porção da planta *E. saligna*, com o corpo das raízes envolvido pelo saco plástico.

FIGURA 12 - A figura 11, sem saco plástico, e mostrando o corpo, coma e esponjola.



FIGURA 13 - Corte longitudinal mediano, mostrando, no centro, porção normal da raiz e porção periférica superior coberta por tecido esponjoso do tubérculo.

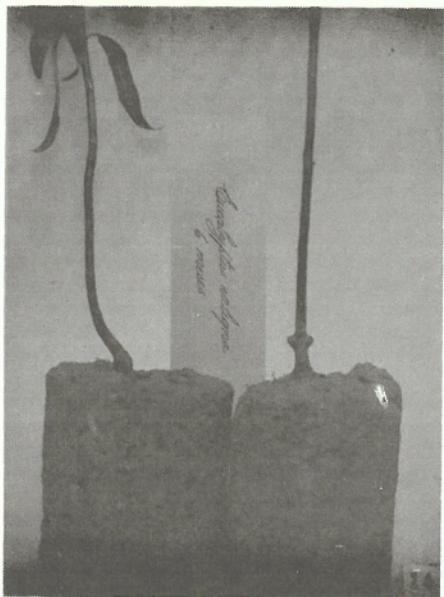


FIGURA 14 - Exemplares de *E. saligna*, com 6 meses de idade, mostrando várias tuberosidades.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Uma feição característica do gênero *Eucalyptus* é a presença, na grande maioria das espécies, de tubérculos peculiares, denominados *lignotúberes*, lenhosos e duros, nos primeiros anos de idade (5).

O desenvolvimento da tuberosidade em eucaliptos em viveiro, com 6 meses de idade é diametralmente oposto àquilo que se observou em eucaliptos plantados no lugar definitivo, isto é, a ocorrência é observada nas plantas mais desenvolvidas, ao passo que no eucaliptal isto acontece com as de menor desenvolvimento.

A tuberosidade tem origem na região medular, nas plantas com seis meses de idade. Observou-se que o fenômeno processa-se rapidamente, provocando lise, regressão e reestruturação do tecido lenhoso; e, em seu desenvolvimento, pressiona os tecidos da casca, formando a tuberosidade. Neste trabalho, estudou-se tão somente a anatomia da tuberosidade das plantas com 2 anos de idade, e não o seu modo de formação, como no outro caso. Estruturalmente, esta é completamente anômala, sem condição de emitir quaisquer gemas, pelo menos na sua região equatorial, diferindo, portanto, dos xilopódios das plantas do cerrado, que têm estrutura e função definida.

Em síntese, as plantas apresentam seus caracteres de acordo com o seu habitat, assim os ramos de eucaliptos, na sua origem, submetidos ao processo de enraizamento, têm um comportamento, ao passo que no nosso meio, não respondem da mesma ma-

neira. Da mesma forma, o fenômeno de soldadura dos enxertos estudados difere de uma região para outra, donde se conclui que a anatomia do lignotuber difere daquela estudada em Melbourne Sul, Austrália, (3) do presente trabalho.

5. SUMMARY

Anatomic studies were made on the tuberosities occurring in two periods of growth on *Eucalyptus* spp.

In the first period, on two-month old plants it was observed that the tuberosities were more frequent on healthier and bigger plants. On the other hand, on two-year old plants, the opposite was observed, tuberosities were frequent on less developed plants.

On six month-old plants, the origin of the tuberosity was traced to the pith region and this is an intensive phenomenon causing lysis, regression, and wood tissue re-structuration, these bringing about pressure on the entire back tissue giving rise to tuberosity. In the second period of growth, only the tuberosity anatomy was studied, no attention being paid to its origin. The tuberosity in the second period is constituted of a completely abnormal structure and does not give rise to any bud, at least on the equatorial region. Therefore the lignotuber of *Eucalyptus* differ from similar structure found in savannah (cerrado) plants, which have definite structure and function.

6. LITERATURA CITADA

1. ARENS, T. & ARENS, K. O enraizamento de *Eucalyptus* no clima do Estado de São Paulo. São Paulo. *Ciência e Cultura* 24 (3):233-237. 1972.
2. CARRODUS, B.B. & BLAKE, T.H. Studies on the lignotubers of *Eucalyptus obliqua* L'Her. I. The nature of the Lignotuber. Londres, *The New Phytologist* 69:1069-1072. 1970.
3. CHATTAWAY, M.M. Bud development and lignotuber formation in *Eucalyptus*. South Melbourne, Austr. J. Bot. 6:103-115. 1958.
4. RIZZINI, C.T. Estudos experimentais sobre o xilopódio e outros órgãos tuberosos de plantas do cerrado. Rio de Janeiro, *Anais da Acad. Bras. de Ciências* 37(1): 87-113. 1965.
5. RIZZINI, C.T. *Árvores e madeiras úteis do Brasil - Manual de dendrologia brasileira*. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda. 294 p. 1971.
6. SHIMOYA, C. & GOMIDE, C.J. Desenvolvimento da raiz adventícia em estaca de figueira (*Ficus carica* L.). Viçosa, *Rev. Ceres* 16(87):41-56. 1969.