

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**OPALA BIOGÊNICA EM SOLO SOB CERRADOS DO TRIÂNGULO  
MINEIROE SUAS RELAÇÕES COM SILÍCIO ASSIMILÁVEL**

**LEANDRO MARCOS ANDRADE DE PAULA**

Monografia apresentada ao Curso de  
Agronomia da Universidade Federal  
de Uberlândia, para obtenção do  
grau de Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG  
Novembro – 2000

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**OPALA BIOGÊNICA EM SOLOS SOB CERRADOS DO TRIÂNGULO  
MINEIRO E SUAS RELAÇÕES COM SILÍCIO ASSIMILÁVEL.**

**LEANDRO MARCOS ANDRADE PAULA**

**ORIENTADOR: PROF. IGO FERNADO LEPSCH**

Monografia apresentada ao Curso de  
Agronomia da Universidade Federal  
de Uberlândia, para obtenção do  
grau de Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia - MG  
Novembro – 2000

**OPALA BIOGÊNICA EM SOLO SOB CERRADOS DO TRIÂNGULO  
MINEIRO E SUAS RELAÇÕES COM SÍLÍCIO ASSÍMILÁVEL**

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 07/11/2000

---

Prof. Igo Fernando Lepsch  
Orientador

---

Dr. Hamilton Seron Pereira  
Conselheiro

---

Prof. Gaspar Korndörfer  
Conselheiro

Uberlândia - MG  
Novembro - 2000

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente, á minha família pelo apoio imensurável.

Agradeço ao meu orientador, Igo Fernando Lepsch, a quem devo muito do que sou hoje, como Engenheiro Agrônomo e como ser humano.

Agradeço aos conselheiros Gaspar H. Korndörfer e Gilberto Fernandes Corrêia pelo estímulo a pesquisa e sempre desmostraram dispostos a tirarem duvidas, agradeço também ao Prof Larry P. Schwandes, A Dra Ascension Penilha da Universidade da Florida e do Centro de Estudos de Meio Ambiente (Madri) respectivamente, e a Prof Katia Maltoni (Unesp, Campus Ilha Solteira), pelas indicações de metodologia.

Ao laboratório de Análise Pedológica do IGUFU pelo auxílio necessário á finalização deste trabalho.

Agradeço ao IAC pelas peças de microscópio (adaptador objetiva), e a Fundação Educacional de Ituiutaba pelo empréstimo do microscópio.

Aos técnicos de laboratório Daniel Wilson Bernades (ICIAG), George Rodrigues dos Santos (FEI) e ao Geraldo Onofre da Mota (Departamento de Patologia), meu muito obrigado pelo auxílio de trabalho de laboratório.

## ÍNDICE

1.INTRODUÇÃO.....	7
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	9
3.MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1 Meio físico.....	13
3.2 Métodos de laboratório.....	17
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.CONCLUSÕES.....	30
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

## **Resumo**

A Opala biogênica ou silico-fitólitos são partículas de sílica amorfa que se acumulam em torno ou dentro das células dos tecidos vegetais. A sílica é absorvida do solo principalmente na forma de ácido silícico monomérico, depois polimerizando-se seguidamente quando no interior do vegetal primeiro para gel e finalmente para opala biogênica. Estes corpos sólidos da planta terminam-se, em sua maioria incorporando-se ao solo com a adição e deposição dos restos das plantas. No solo eles têm várias configurações e são predominantemente do tamanho de areia fina e silte. A opala biogênica, que tem importantes funções benéficas nas plantas e também constitui importante componente do solo.

Neste trabalho observou-se a morfologia e quantificou-se os fitólitos em dois dos principais solos do Triângulo Mineiro (LV e LE). Eles foram amostrados (0-4, 4-10, 10-20, 20-40, 60-80), no fim da estação seca e em locais sob remanescentes do cerrado e superfície de cimeira (parte mais elevada), adicionalmente em três locais de terço inferior de encosta com solos glei pouco húmico e solo orgânico.

Conclui-se neste trabalho que os solos glei pouco húmicos apresentam maiores quantidades de opala biogênica que os latossolos, isto provavelmente devido ao predomínio de espécies acumuladoras de silício.

## **1. INTRODUÇÃO**

O oxigênio, o silício, o ferro e o alumínio são os elementos mais abundantes na litosfera, sendo que silício recentemente tem recebido atenção especial.

Quando na forma amorfa ele desempenha um importante papel para as plantas, principalmente para as gramíneas estando, relacionado á fisiologia (como é mais conhecido no caso do arroz) onde a sílica reforça a rigidez dos colmos, dá um melhor crescimento á planta e resistência á patógenos.

Os compostos de silício de origem biogênica existem nos solos sob a forma de sílica opalina (fitólito) e em maiores quantidades no horizonte A. Outras formas existem de origem geológica e não amorfos sendo o quartzo um dos mais comuns na fração silte e areia.

Os solos do cerrados predominantemente (latossolos), ocupam uma extensa área do Brasil Central, estando hoje em grande parte substituído por lavouras e pastagens, principalmente no Triângulo Mineiro, onde esta em risco de extinção. Com isto a sua biodiversidade está em risco, sendo necessário conhecê-lo cientificamente, tanto para

preservar áreas ainda pouco degradadas como para melhor aproveitar suas terras na agricultura. Trabalhos recentes, têm demonstrado que muitas das espécies do cerrado são acumuladoras de silício, o qual exerce importantes funções nos vegetais, como aumento de resistência a certos patógenos, melhor arquitetura de folha ( beneficiando a fotossíntese ) e resistência a estresses hídricos. O silício, no ciclo solo/planta, passa por diversas etapas, dentre as quais ressalta-se a de formação de silicofitólitos ( ou corpos silicosos ou ainda opala biogênica) nos tecidos vegetais e sua incorporação ao solo em forma dessas partículas sólidas.

A determinação da quantidade, forma e distribuição de fitólitos em solos sob cerrado, bem como das espécies nativas desta flora, servirá também para um maior entendimento dessa feição. Desta forma neste trabalho foram coletados amostras de solo, fracionados para estudo da areia muito fina e silte grosso, quantificados sob microscópio e relacionados com outros atributos para um inicial e maior entendimento desta importante feição solo/planta.

Com esses dados objetivou-se tanto um conhecimento desta feição como levantar hipóteses para futuros trabalhos relacionados ao ciclo do silício (do solo para a planta e da planta para o solo).

Uma vez que solos originalmente sob cerrados apresentam teores de Si assimilável muito baixo e vegetação natural com teores de sílica muito altos objetiva-se neste trabalho, quantificar em várias profundidades 0-4, 4-10,10-20, 20-40,60-80cm, os teores de silício assimilável, os silico – fitólitos na areia muito fina (100 – 50u) e silte grosso (50 – 20u) e relacionar o primeiro com o segundo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

As primeiras descrições da ocorrência de sílica nas plantas foram de STRUVE (1835) que, descreveu 80 tipos diferentes de corpos silicosos que chamou de phytolitharien por pensar que eram esqueletos de organismos que viviam dentro das células. Comparando partículas do solo com das folhas de gramíneas que nelas cresciam vendo a coincidência de formas denominou-as de fitólitos.

Os fitólitos são primeiro formados pelo resultado de deposição de sílica, intracelular ou extracelular, em tecidos. Ele depois de absorvido do solo na forma de ácido monossilícico transforma-se seguidamente em polímeros, gel e opala. Eles podem retornar ao solo através da adição ao mesmo dos restos vegetais. Um melhor conhecimento acerca de seus tamanhos, formato, distribuição e estabilidade deve ser útil para compreender o ciclo biogeoquímico do Si no solo. Sob este ponto de vista os fitólitos tem grande importância tanto para um melhor conhecimento deste ecossistema como para melhor entender certos comportamentos das plantas cultivadas em solos antes sob este tipo de vegetação. Para isso é basicamente

necessário um estudo das origens, quantidades e distribuição dos silicofitólitos, em perfis de solos sob cerrado.

JONES & ANDRECK (1967) em extensa revisão de literatura sobre sílica em solos, plantas e animais afirmou; uma vez que a sílica amorfa da parte mais superficial dos solos pode ser toda derivada de restos de plantas, o crescente interesse pelo estudo de fitólitos irá ser objeto de continuas pesquisas entre aqueles que estudam solos.

Um outro aspecto que merece destaque é o relacionado com a duração e estabilidade dos silicofitólitos no solo. Segundo GILL (1969) os fitólitos teriam grande estabilidade no solo uma vez que alguns dos mesmos, quando datados pelo C14 (da matéria orgânica oclusa) revelaram idades de aproximadamente 14.000 anos.

Segundo BARTOLI & WILDING (1980) a solubilidade da opala biogênica é função principalmente da sua superfície específica, independe do pH ( quando o mesmo é menor que 6,0). A solubilidade dos fitólitos também diminui com grau de impurezas: os menos solúveis são aqueles com maiores teores de Al ( ex. coníferas com 3 a 4% ).

Variações sazonais de dissolução de fitólitos da serrapilheira foram também verificadas. Tais resultados ressaltam a importância maior dos estáveis fitólitos do solo para estudos pedogenéticos ao passo que corpos silicosos advindo dos tecidos vegetais ( incluindo sílica-gel e pré-fitólitos, de menor tamanho ) seriam os de maior importância para o estudo da liberação de Si no solo para as plantas.

Segundo SENDULSKY & LABORIAU (1970) a maior parte das espécies do cerrado são acumuladoras de elevadas quantidades de sílica.

Piperno (1988) menciona que solos altamente intemperizados, apesar da argilas

serem pobres em SiO, têm quantidades relativamente altas de sílico – fitólitos, especialmente os mais encharcados.

Nos solos muito intemperizados (como latossolos) entre os chamados silicatos, predomina quartzo na areia e caulinita na argila. Segundo descrições de BOYER (1985) a solubilidade da argila caulinitica é muito maior do que a do quartzo das areias e silte. A sílica coloidal (ou assimilável) pode ser liberada principalmente pelos processos de hidrólise da caulinita e em condições de elevadas taxas de lixiviação não permanece muito tempo imóvel; sendo rapidamente deslocada no perfil pelas águas de drenagem ou absorvido pelas plantas.

DREES et al. (1989) afirmou que nas plantas os fitólitos, além de ter importante papel para um melhor porte da planta podem armazenar (ou imobilizar) cátions (tais como Al, Fe, Mn e Mg). Eles relataram a composição química de fitólitos de plantas e solos, para estes autores os fitólitos apresentam composição de acordo com a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Composição química dos fitólitos

Composição química	Fitólito da planta g Kg	Fitólito do solo g Kg
SiO <sub>2</sub>	828-872	764-905
AlO <sub>2</sub>	2-7	8-47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	t-6	2-13
CaO	t-16	1-20
C	58	9
H <sub>2</sub> O	38-76	43-121

SANGSTER (1999) observou que os tecidos silicificados das plantas têm diversas funções incluindo dar resistência a predadores. Os fitólitos também podem imobilizar elementos tóxicos.

No Brasil poucos são os estudos acerca de fitólitos em solos, havendo descrições de corpúsculos assemelhados provindos de espiculas de esponjas de água doce (COSTA et al. 1992). LEPSCH (1973), em solos muito argilosos de Rio Claro, SP, sob floresta (1 perfil) e sob cana-de-açúcar (3 perfis), encontrou maiores quantidades de fitólitos (9%) na fração silte grosso (50 a 20  $\mu$  : 5 - 11% do solo) e na camada de 0-10 cm nos solo sob floresta e cerca de 5 a 9%, nos cultivados com cana-de-açúcar. Pequenas quantidades foram encontradas até cerca de 150 cm de profundidade. A areia muito fina (50-100 $\mu$ ) apresentou quantidades bem menores (1-2%).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Meio físico**

A região de estudo situa-se no centro do Triângulo Mineiro compreendendo principalmente os municípios de Uberlândia, Araguari e Monte Alegre de Minas.

Os latossolos vermelho-amarelos e vermelho escuros estudados ocorrem nas partes mais elevadas da paisagem, em áreas de relevo plano e suave ondulado, e tem textura muito argilosa ou média. Normalmente são acentuadamente drenados, profundos e de coloração alaranjada ou vermelha. São forte a moderadamente ácidos, saturação de bases muito baixa e com alta saturação com alumínio, o grau de intemperismo é muito elevado com Ki (relação molecular sílica/alumina) muito baixa. O clima é Cwa e Cwb da classificação de Köppen, com precipitações médias anuais entre 1500 e 1600 mm. As altitudes são da ordem de 900 a 1030m para os latossolos mais argilosos e entre 700 e 500 para os de textura média ( EMBRAPA, 1982).

Nas áreas de latossolo vermelho-escuro álico textura média foram amostrados quatros locais, no latossolo vermelho-amarelo álico textura muito argilosa foram

amostrados três locais e foram também amostrados dois outros locais em uma encosta compreendendo desde os solos do topo (cimeira) até a vereda adjacente. Maiores detalhes sobre esses locais estão na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Localização e o tipo de solo das amostras

Solo	Localidade	Classificação do solo
1	3 Km ao sul da rodovia 365	LE textura média
2	13 Km ao sul da rodovia 365	LE textura média
3	Reserva do Panga	LE textura média
4	Marginal a rodovia Polocítrico	LE textura média
5	Dentro da Vereda do Cace e Pesca	GP textura média
6	Marginal a Vereda do Cace e Pesca	GP textura média
7	Saída para Aragarari, rodovia 223, 2 locais	LV textura m.argilosa
8	Pinus plan, rodovia 0.50	LV textura m. argilosa

Os latossolos vermelho-escuros textura média estudado ocupam intensamente os interflúvios no Triângulo Mineiro, são fortemente drenados e profundos. Normalmente são solos de textura franco arenosa, fortemente ácidos, com saturação de base baixa e alta saturação por alumínio. O clima é Aw da classificação de Köppen, com precipitações médias anuais da ordem de 1600mm e altitude variando de 700 a 800 metros. O material de origem são sedimentos areno-argilosos do arenito Bauru, referido ao Terciário (Cenozóico).

O primeiro latossolo vermelho-escuro foi amostrado em 16 de junho de 1999 situado ao sul da rodovia 365 (saída para Monte Alegre) a 3 Km da mesma, dentro do

Retiro da Fazendinha do proprietário João de Barros a 48° 48' longitude oeste de Gr e 18° 50' de latitude sul.

A vegetação deste local não é densa, a reserva tem uma área de aproximadamente 25 hectares com árvores de aproximadamente 6 metros de altura, havendo sucupira, cambuatá, barbatimão e faveiro. Observou-se também alguns tocos de árvores decepados, provavelmente a floresta foi desbastada a muito tempo atrás, não há presença de bovinos invadindo a área e também nesta área não ocorreu a invasão do capim *Brachiria decumbens* ( fato importante por ser esta uma espécie exótica acumuladora de fitólitos e oriunda do continente africano).

O segundo solo também amostrado neste mesmo dia localiza-se ao sul da rodovia, a treze quilômetros do primeiro ponto e a seis quilômetros da rodovia, dentro da Fazenda Sobrado, a 48° 50' de longitude oeste Gr e 18° 55' de latitude sul.

A vegetação deste local é relativamente baixa (4 m de altura) havendo maior densidade de serrapilheira por metro quadrado que o primeiro local. Existem algumas árvores típicas de cerrado como aroeira e supira. Esta área encontra-se em topo de espigão (836m). Ao lado existe pastagem de *Brachiaría* sp mas no entanto na floresta não foi notado esta gramínea. Aparemetemente não houve ocorrência de fogo a muito tempo neste local, está área é mata de preservação permanente e nunca foi desmatada, este remanescente de cerradão tem um área de aproximadamente 250 hectares.

O terceiro solo amostrado no dia 06 de agosto de 1998 é localizado dentro da Reserva do Panga (UFU), 20 m abaixo da entrada da mesma com aproximadamente 15m adentrando no cerrado. É um cerrado, com presença do capim *Brachiaría* sp, mas menos evidente. Nota-se um predomínio de olho-de-pombo, o que indica alteração na vegetação

típica, pois apresenta-se em maior número que as demais espécies, como, lixeira, lixinhas, Pau-Terra, Manguaba, dentre outras. O Porte destas árvores não passa de 10 m e as espécies encontram em período de brotamento, tanto arbórea como herbácea.

O quarto solo também amostrado em 06 de agosto de 1998, esta localizado próximo a Rodovia Polocítrico em um lançante de longa encosta, cerca de 450m do pontilhão sobre córrego Agua Limpa . (passagem suavizada de declive superior de 2-3% para 8-10%). Altitude 790m ( em frente a entrada para fazenda Iracema).

A vegetação típica do cerrado apresenta-se modificada e muito alterada pela presença de animais na área, estes defecam, pisam, danificam a vegetação típica.

Observou-se que nesta área ocorre invasão marcante do capim *Brachiaria decumbens*, que não é nativo dos cerrados e sim introduzido pelo homem. As árvores apresentam porte baixo e bem espaçadas uma das outras, com pouca representatibilidade herbácea ou herbórea, algumas espécies podem ser observadas como Pau-terra, lixeira, Maria-Preta dentre outras.

O quinto e o sexto solo amostrado em 15 de maio de 2000 esta no glei pouco húmico localizado na vereda do Clube Caça e Pesca (Uberlândia MG), apresentando um horizonte A espesso e/ou mais claro.

No latossolo vermelho-amarelo textura muito argilosa foram amostrados três locais. O primeiro e o segundo local foram amostrados em 15 de agosto de 1997, localiza-se no município de Araguari, pertencendo a bacia de drenagem do rio Araguari, situado a margem da rodovia estadual MG-223, que liga os municípios de Araguari e Tupaciguara. O local dista cerca de 35 Km do perímetro urbano de Araguari e situa-se ao nível da chapada (relevo plano) com as seguintes coordenadas 18° 33' latitude sul e 48° 28' longitude oeste

Gr, originado de sedimento cenozóico de natureza muito argilosa. De acordo com a Embrapa e segundo classificação de Köppen a área ao nível da chapada apresenta o tipo climático Cwb, clima temperado suave (mesotérmico), com verão chuvoso e inverno seco.

O terceiro local foi amostrado em 18 de setembro de 1998, sendo que não havia a ocorrência de chuva neste mês, este ponto está localizado a 5 Km à esquerda da rodovia Br 50 (Km 93) a 23 Km do centro de Uberlândia, em direção a Uberaba, apresenta coordenadas geográficas 19° 05' 55" de latitude sul e 48°07' 48" de longitude oeste Gr. A área é de topo de chapada, com declividade < 2%, sob cobertura vegetal de fase campo cerrado típico, altitude de 950m, é bem drenado, a vegetação presente é de cerrado tropical subcaducifolia sendo que o uso atual é reserva e vegetação nativa e o local não foi atingido pelo fogo desde 1989. O clima é Cwa da classificação de Köppen .

### **3.2. Métodos de laboratório**

- a) Coleta de amostras compostas em área delimitada de aproximadamente de vinte metros quadrados nas profundidades de 0-4, 4-10, 10-20, 20-40 e 60-80 cm, preparo das amostras com secagem e tamização para obter terra fina seca ao ar. Amostragem nas profundidades de 0-4 e 4-10 fez uma semi-trincheira com enxadão e retirou-se com uma faca estas duas primeiras profundidades, o restante retirou-se com um trado. Coletou-se 8 amostras simples para formar cada composta.
- b) Eliminação da matéria orgânica humificada, utilizando-se água oxigenada e decantação do sobrenadante ( para retirar pequenas radículas vivas).
- c) Eliminação do ferro livre pelo método de Jackson, (citrato de sódio, bicarbonato e ditionito de sódio.)

d) Fracionamento do solo em areia fina (100-50 $\mu$ ) e silte grosso (50-20 $\mu$ ) por processos de sifonagem sucessivas, para a determinação das percentagens de cada fração do solo foi utilizada a seguinte metodologia: pesar 10 gramas de TFSA (terra fina seca ao ar), adicionar 50 ml de NaOH 0.1N e deixar agitando por 12 horas, depois passar em uma peneira de 0.210 mm para reter a areia grossa e peneira de 0.053 para areia fina. Transferir para a proveta de 1000 ml, agitar um minuto e deixar em repouso dependendo da temperatura da solução e pipetar 25 ml da amostra (silte + argila) introduzindo 10 cm da pipeta na solução e deixar em repouso sendo o tempo também dependente da temperatura, pipetar 25 ml da amostra introduzindo 5 cm na solução (para a fração argila). Depois de pipetar as alíquotas e secas em estufa calcula-se as percentagens de argila e silte.

e) Baseado em sua morfologia, características ótica e principalmente relevo, em imersão de óleo de cravo (índice de refração de 2.4) foram identificados e quantificados os fitólitos em contagem sob microscópio petrográfico na areia fina e silte grosso. E em cerca de 300 a 400 grãos foram identificados e contados calculando-se daí as percentagens daqueles que foram óticamente identificados como fitólitos (alto contraste ou relevo em relação aos grãos de quartzo e forma assemelhada a feições de células vegetais).

f) Para análise de Si no solo utilizou-se a seguinte metodologia: em amostras de 10 g de solo (TFSA) adicionou-se 100 ml de uma solução de ácido acético 0.5 M e procede-se uma agitação por 1 hora. Após esta operação, a suspensão é posta em repouso, para decantação, durante 15 minutos. A seguir, filtra-se a suspensão e deixa-se o filtrado em repouso por uma noite (12h). Para determinação, utiliza-se 10 ml do filtrado, ao qual se acrescenta 1 ml de solução sulfo-molibdica. O ácido orto-silícico ( $H_4SiO_4$ ), que é a forma em que o Si se apresenta na solução, reage com o molibdato desenvolvendo cor amarela. Após 10 minutos

acrescentar 2 ml de uma solução de ácido tartárico a 20%, a fim de complexar o fósforo (P) da solução. Após 5 minutos, adiciona-se 10 ml de uma solução de ácido ascórbico para promover o aparecimento da cor azul na solução ( este ácido se oxida rapidamente e, portanto, funciona como eficiente redutor). Depois de 1 hora é feita a leitura em um colorímetro ajustado no comprimento de onda de 660nm.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro latossolo vermelho escuro estudado entre Uberlândia e Monte Alegre de Minas apresentou as maiores quantidades de opala biogênica (20-100 u) nas profundidades mais superfícias de 0-4 e 4-10 cm sendo em 10-20, 20-40 a 60-80 cm as quantidades foram diminuindo. Com o silício assimilável determinado nas mesmas amostras aconteceu o oposto houve um aumento de silício com a profundidade, sendo que o teor de matéria orgânica foi maior na superfície e declinando com a profundidade conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Características física, químicas do solo 1 ( LE entre Uberlândia e Monte.Alegre)

Profun- didade (cm)	Composição Granulométrica (%)				pH H <sub>2</sub> O	M.O. g Kg <sup>-1</sup>	Opala (%)			Si mg Kg <sup>-1</sup>
	areia grossa	areia fina	silte	argila			silte	areia fina	solo total	
0-4	47	23	5	25	4.8	3.8	8.0	2.0	0.7	3
4-10	46	22	6	26	4.8	3.2	6.0	1.5	0.6	3
10-20	44	22	6	28	4.9	2.2	5.0	1.5	0.6	5
20-40	43	25	5	26	4.9	2.0	3.5	1.0	0.4	13
60-80	42	26	4	28	5.0	1.9	2.5	0.5	0.2	26

O segundo local, amostrado a treze quilômetros ao sul do primeiro e também superfície de espigão, apresentou as mesmas características do primeiro, a quantidade de opala e matéria orgânica diminui com a profundidade enquanto o silício assimilável foi aumentando com a profundidade. No entanto este solo apresentou menor quantidade de silício assimilável que o primeiro como mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Características físicas, químicas do solo 2 ( LE entre Uberlândia e MonteAlegre)

Profun- didade (cm)	Composição granulométrica (%)				pH H <sub>2</sub> O	M.O. g Kg <sup>-1</sup>	Opala (%)			Si mg Kg <sup>-1</sup>
	areia grossa	areia fina	silte	argila			silte	areia fina	solo total	
0-4	39	38	5	18	5.4	3.7	10.0	5.0	0.8	8
4-10	39	37	4	20	5.3	2.5	8.0	1.0	0.7	5
10-20	35	38	4	23	5.2	2.0	7.0	0.8	0.5	7
20-40	35	39	5	21	5.0	2.0	5.0	0.5	0.3	9
60-80	34	40	4	22	5.1	1.9	3.0	0.5	0.2	13

Outros dois locais também amostrados em textura média foram dentro da Reserva do Panga, e na marginal da rodovia Polocítrico (rodovia que leva ao Panga) em um lançante de longa encosta sendo os resultados das análises semelhantes ao dois primeiros perfis estudados, como mostra as Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Características física, químicas do solo 3 ( Reserva do Panga)

Profun- didade (cm)	Composição Granulométrica (%)				pH H <sub>2</sub> O	M.O. g Kg <sup>-1</sup>	Opala (%)			Si mg Kg <sup>-1</sup>
	areia grossa	areia fina	silte	argila			silte	areia fina	solo total	
0-4	45	27	4	24	5.2	4.2	11.0	3.0	0.9	4
4-10	42	27	5	26	5.0	3.8	10.0	3.0	0.7	4
10-20	42	25	6	27	5.5	3.2	7.0	2.5	0.4	5
20-40	41	27	5	26	5.0	3.0	4.5	2.0	0.3	8
60-80	41	26	6	27	4.8	3.0	1.5	2.5	0.1	10

Tabela 6. Características física, químicas do solo 4 (Marginal rodovia)

Profun- didade (cm)	Composição Granulométrica (%)				pH H <sub>2</sub> O	M.O. g Kg <sup>-1</sup>	Opala (%)			Si mg Kg <sup>-1</sup>
	areia grossa	areia fina	silte	argila			silte	areia fina	solo total	
0-4	40	32	3	25	6.0	4.2	13.0	2.0	0.8	3
4-10	40	30	4	26	5.8	3.8	6.0	1.0	0.6	3
10-20	41	28	3	27	5.5	3.2	5.0	1.0	0.4	2
20-40	39	29	3	29	5.9	3.0	4.5	2.0	0.4	6
60-80	39	31	2	28	5.6	3.0	1.0	1.0	0.1	8

Na toposequencia da reserva do Clube Caça e Pesca o primeiro local amostrado, na parte mais baixa foi no glei pouco húmico dentro da vereda. Onde a drenagem é moderada e uma menor acumulação de matéria orgânica superficialmente, o que provocou o desenvolvimento de um horizonte A menos espesso e mais claro.

Este solo apresentou percentagens bem maiores de opala biogênica e em todas as profundidades que os latossolos vermelho-escuros dos espigões citados anteriormente, (tanto na areia fina como no silte grosso as quantidades de opala foram maiores). A quantidade de matéria orgânica foi menor e diminuindo com a profundidade como mostra a Tabela 7 a seguir.

Tabela 7. Características físicas e químicas do solo 5.

Profun- didade (cm)	Composição granulométrica (%)				pH H <sub>2</sub> O	M.O. g Kg <sup>-1</sup>	Opala (%)			Si mg Kg <sup>-1</sup>
	areia grossa	areia fina	silte	argila			silte	areia fina	solo total	
0-4	50	29	4	17	5.9	2.0	18.5	6.0	3.1	5
4-10	50	27	4	19	5.6	1.8	16.5	5.0	3.0	5
10-20	46	30	6	18	5.8	1.3	10.0	3.5	2.8	10
20-40	45	29	5	21	5.7	1.3	8.5	2.5	2.6	22
60-80	43	32	6	19	5.7	1.6	7	2.0	2.2	50

O segundo local amostrado desta toposequência foi vinte metros do primeiro, perpendicular a vereda, com isso o solo apresentava uma drenagem melhor que o primeiro mas ainda apresentava o horizonte A um pouco acinzentado.

Este solo também apresentou percentagens maiores de opala que os latossolos, mas menores de opala e silício que o primeiro amostrado neste solo como mostra a Tabela 8.

Tabela 8. Características físicas, químicas do solo 6.

Profun- didade (cm)	Composição granulométrica (%)				pH H <sub>2</sub> O	M.O. g Kg <sup>-1</sup>	Opala (%)			Si mg Kg <sup>-1</sup>
	areia grossa	areia fina	silte	argila			silte	areia fina	solo total	
0-4	41	39	3	17	5.2	2.1	13.0	4.0	1.1	5
4-10	40	41	3	16	5.2	1.9	10.5	3.0	1.2	5
10-20	38	39	4	19	5.4	1.7	9.0	2.5	1.0	7
20-40	34	41	4	21	5.3	1.5	6.0	2.0	0.6	22
60-80	33	40	5	22	5.1	1.7	4.5	1.0	0.5	34

Neste mesmo solo foram amostrado mais três locais de 0-4 cm e quantificado os fitólitos e feita análise de silício. O primeiro foi amostrado dentro da vereda (onde havia água na superfície), onde obteve-se 1% de fitólito no silte e 6.7 % de fitólito na areia muito fina fechando 7.7 % no solo total e 15 % de silício. O segundo local foi 10m acima do primeiro perfil amostrado onde obteve-se 0.8% de fitólito no silte e 5.0 % na areia muito fina fechando 5.8 % no solo total e 13 % de silício. O terceiro local foi acima deste também entre os dois perfis amostrados onde obteve-se 1.5% no silte e 3 na areia muito fina.

O latossolo vermelho amarelo textura muito argilosa estudado, saída para Araguari, também apresentou maiores quantidades de opala bigênica nas profundidades mais superfícias de 0-4 e 4-10 cm sendo em 10-20, 20-40 a 60-80 cm as quantidades foram

diminuindo juntamente com a matéria orgânica do solo. Com o silício assimilável aconteceu o oposto houve um aumento de silício com a profundidade como mostra a Tabela 9.

Tabela 9. Composição física, química do solo 7.

Profun- didade (cm)	Composição granulométrica(%)				pH H <sub>2</sub> O	M.O. g Kg <sup>-1</sup>	Opala (%)			Si mg Kg <sup>-1</sup>
	areia grossa	areia fina	silte	argila			silte	areia fina	solo total	
Local 1										
0-4	12	4	4	80	5.2	4.2	8.0	7.0	0.6	10
4-10	11	4	5	80	5.0	3.6	7.0	4.0	0.6	10
10-20	11	4	4	81	4.9	3.0	4.0	3.0	0.5	13
20-40	10	5	5	80	5.1	3.5	3.5	3.0	0.2	19
60-80	10	6	3	81	5.3	3.0	3.0	1.0	0.1	17
Local 2										
0-4	8	10	7	75	5.3	4.7	8.0	7.0	0.7	11
4-10	8	9	4	79	5.2	4.0	7.0	6.0	0.5	11
10-20	7	8	5	80	5.2	3.9	6.0	4.0	0.5	9
20-40	8	9	3	80	5.4	3.1	5.0	2.5	0.3	20
60-80	7	10	2	81	5.3	3.0	7.0	2.0	0.1	24

Outro Latossolo vermelho-amarelo textura muito argilosa (Pinus plan) foi estudado e observou-se resultados semelhante aos dois primeiros perfis como mostra a Tabela 10.

Tabela 10. Características física, químicas do solo 8 (Pinus plan)

Profun- didade (cm)	Composição Granulométrica (%)				pH H <sub>2</sub> O	M.O. g Kg <sup>-1</sup>	Opala (%)			Si mg Kg <sup>-1</sup>
	areia grossa	areia fina	silte	argila			silte	areia fina	solo total	
0-4	14	5	6	75	5.6	5.2	10.0	8.0	0.7	9
4-10	13	5	6	76	5.8	4.8	9.0	5.0	0.6	13
10-20	10	4	5	81	5.3	4.2	6.0	3.0	0.5	12
20-40	11	3	5	81	5.2	4.0	4.5	1.0	0.1	16
60-80	12	4	4	80	5.6	3.0	2.0	1.0	0.1	20

Baseando-se em dados de análise granulométrica e calculando-se as quantidades aproximadas de fitólitos em relação ao material de solo como um todo (isto é a TFSA) obteve-se:

(a) Na profundidade de 0-20 do latossolo vermelho-amarelo (ou vermelho-escuro) textura muito argilosa cerca de 0,6% da TFSA é composta de fitólitos, dos quais 0,1% na areia muito fina e 0,5 % no silte grosso. Na camada de 60-80 encontrou-se 0,15% da TFSA os quais 0,05% estão no silte grosso e 0,1% na areia muito fina.

(b) Na profundidade de 0-20 do latossolo vermelho-escuro textura média cerca de 0,7% de fitólitos foram encontrados na TFSA os quais 0,4 % estão no silte grosso e 0,3 % na areia muito fina, enquanto que na camada de 60-80 encontrou-se 0,2% de fitólitos os quais 0,04% estão no silte grosso e 0,2% na areia muito fina. Estes resultados diferem dos outros solos citados na literatura nos quais o silte grosso tem mais fitólitos que a areia muito fina.

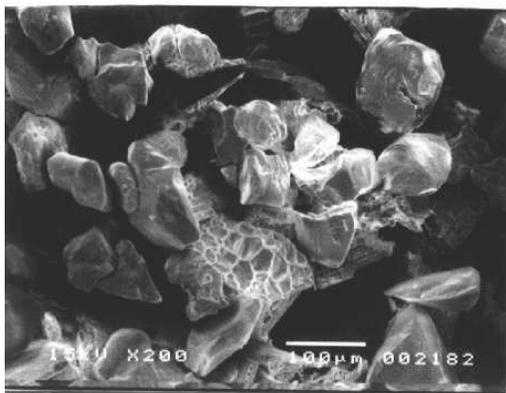
(c) Na profundidade de 0-20 do glei pouco húmico cerca de 2.1 % de fitólitos foram encontrados na TFSA os quais 0.6 % estão no silte grosso e 1.5 % na areia muito fina, enquanto que na camada de 60-80 encontrou-se 1.22 % de fitólitos os quais 0.42 % estão no silte grosso e 0.8 % na areia muito fina.

Em suma nas camadas de 0-20 cm não encontrou-se diferenças detectáveis na quantidade de fitólitos tanto entre os perfis de solos estudados como dentro da referida camada. Isto provavelmente devido ao fato de que os fitólitos, do tamanho dos examinados apresentarem baixíssimo grau de solubilidade, concordando com observações de Bartoli & Wilding (1980). Entre a camada de 60-80 cm dos solos estudados não houve variação significativa apesar do LVE textura média ser um solo

menos intemperizado do que os latossolos muito argilosos das altas chapadas. Aqueles solo também apresenta uma produtividade de massa vegetal maior ( cerrado). A maior quantidade de fitólitos na camada de 60-80 cm deve-se provavelmente ao fato de que aí são oriundos tanto de raízes mais profundas e possivelmente de alguma quantidade carregada para baixo por organismos animais que atuam em profundidades maiores.

Foram fotografados os fitólitos de areia muito fina e silte grosso em microscópio petrográfico (Figuras 1, 2 e 3) e nestas confirma-se a maior presença de fitólitos no silte grosso. Confirma-se também a grande semelhança do fitólito encontrado no solo com o das plantas.

(A)



(B)



Figura 1. Fotos em microscópio eletrônico de varredura de fitólitos (A) isolados de serrapilheira do cerrado e (B) entre partículas de silte desferrificadas, note em (B) a morfologia típica de um fitólito oriundo de deposição entorno de células vegetais e alguns buliformes (em cima desta, a direita). Fotos cortesia do Departamento de Solos e adubos da UNESP Jaboticabal SP.

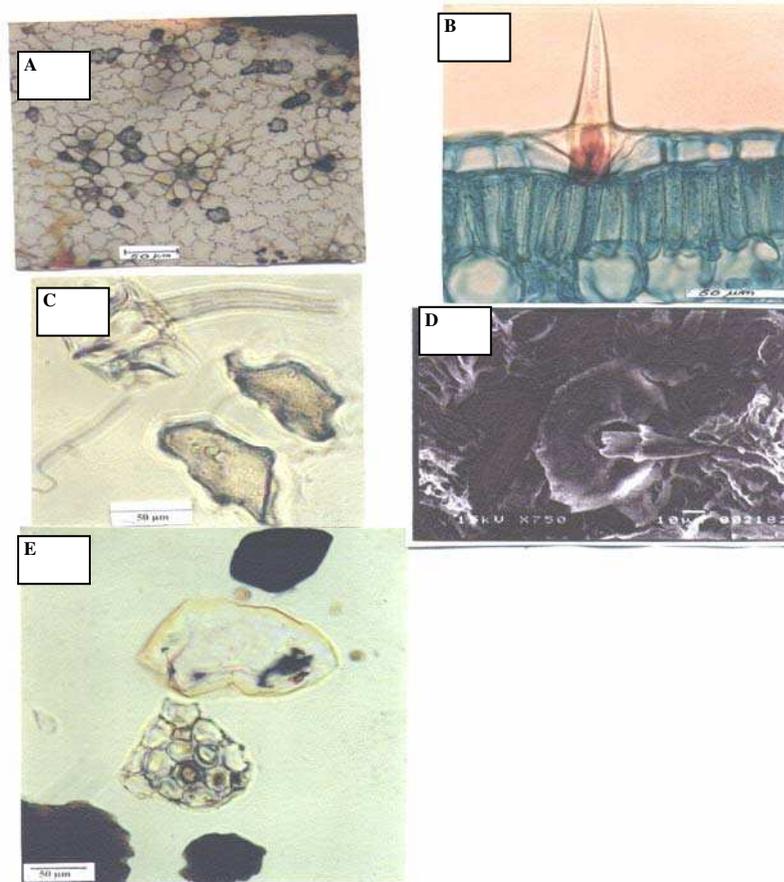


Figure 2. Feições de fitólitos nas folhas e no solo abaixo do arbusto *Davilla elliptica* (coletados no latossolo vermelho amarelo) adaptado de LEPSCH et al (2000, trabalho em andamento UFU/CSIC).

A) Detalhe da superfície da folha

B) Detalhe de corte histológico da folha (foto UFU/DEBIO)

C) Detalhe de feição da folha, na serrapilheira, calcinada e vista sob microscópio eletrônico (UNESP)

D-E) Fitólito encontrado no solo sob o mesmo arbusto (outras Partículas são grãos de quartzo e minerais opacos)

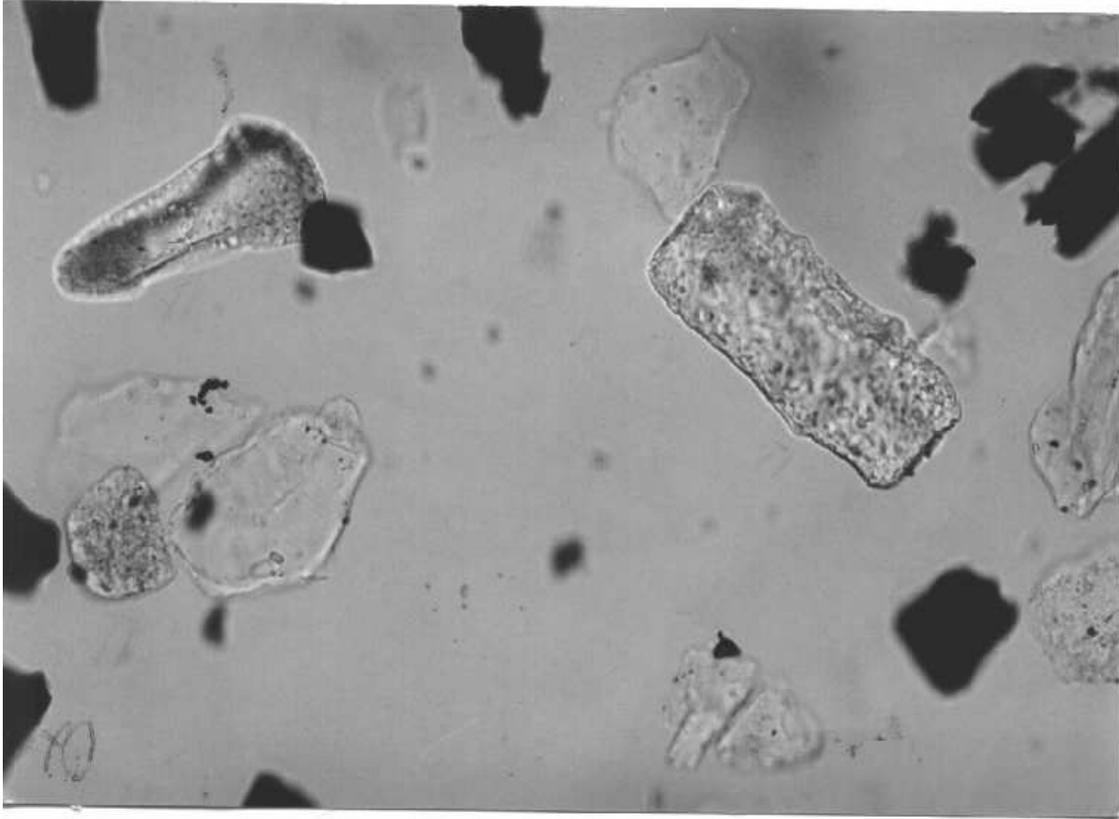


Figura 3. Fitólitos isolados desferrificados de areia muito fina (100 a 50 $\mu$ ) em microscópio petrográfico com luz polarizada e analizador aberto. Note o contraste (ou relevo) acentuado em relação aos outros minerais não opacos.

## 5. CONCLUSÃO

Todos dados aqui obtidos indicam que os solos sob cerrados possuem uma quantidade razoavelmente grande fitólitos . Por outro lado confirmou-se que, para explicar melhor os fenômenos de solubilização relativamente rápida de opala biogênica os estudos devem também ser focalizados mais na distribuição de seu tamanho em função do tipo de adição vegetal recém incorporada ao solo. Fitólitos passíveis de liberarem Si "assimilável" situam-se mais provavelmente nas partículas entre 20 e 2 $\mu$  (silte médio e silte fino ou 'silte da escala de Atteberg") os quais não são possível de serem detectados por intermédio de microscópios óticos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTOLLI, F., WILDING, L.P. Disolution of biogenic opal as a function of its Physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. J., v. 44, p. 873-878, 1980.

BOYER, U.L Dinâmica dos elementos químicos e fertilidade do solo. Ilson G. Carvalho (Ed.) Salvador: Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 1985, 328p.

COSTA, L.M., KELLER, W.D.& JOHNS, W.D. Espículas de esponjas em solos de João Pinheiro, MG. Revista Ceres v.39 (226): 597-603.1992.

DREES, L. R, SENAKAYI, A. L , WILDING, L. P., SMECK, N, E. Silica in soils: quartz, and disordered silica polymorphs. In: DIXON, J.B., S. B. WEED Minerals in soils environments. Madison, Soil Sci Soc. America, 1989 p. 471-552.

GILL, E.D Stability of biogenic opal. Science. 810p. 1969.

JACKSON, L. A reduction method for removing free iron oxides from soils and colloidal clays. J. Am. Soc. Agron. V. 34, 1942, p. 616-6223

LEPSCH, I F, BUOL S.W., Ivertigations in na oxisol ultisol toposequencia in São Paulo State, Brazil. Soil Sci. Am. Proc. v. 41, p.109-115, 1974.

LEVANTAMENTO de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1982. 526p. p.369-370.

PIPERNO, D.R. Phytolith analysis. Na archaeological and geological perspective. Academic Press, San Diego. 1988.

SENDULSKY, T & L. G. LABORIAU Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados, Acad. Bras. Ci Supl. V.38, p.159-170, 1996.