

## **A FORMAÇÃO DO MINERAL OPALA BIOGÊNICA NOS SOLOS DOS CERRADÕES DE UBERLÂNDIA.**

**PAULA, L. M. A<sup>1</sup>**

Aluno Especial do Mestrado em Geografia UFU e Eng. Agrônomo EMATER  
Programa de Pós-Graduação em Geografia UFU  
E-mail: [lea.marcos@zipmail.com.br](mailto:lea.marcos@zipmail.com.br)

**SILVA, P. C<sup>2</sup>**

Mestranda do Depto de Ciência de Solo da UFU  
E-mail: [patypps@yahoo.com.br](mailto:patypps@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

A opala biogênica são partículas minerais constituída de silício que são encontradas no solo, providas da decomposição de restos vegetais (serrapilheira). A opala biogênica é formada na planta através da absorção do micronutriente silício que se acumulam entorno ou dentro das células dos tecidos vegetais. O silício é absorvida do solo primeiro na forma de ácido silícico monomérico polimerizando-se seguidamente no vegetal para gel e finalmente em opala biogênica. Estes corpos sólidos da planta incorporam-se ao solo onde tem várias configurações, são predominantemente do tamanho de areia fina e silte. No Brasil são raras as publicações que descrevem a quantidade, distribuição, mobilidade e a composição da opala biogênica no solo. Desconhece-se também trabalhos sobre suas relações com liberação e absorção de sílica pelo sistema radicular das plantas, sua interação com cátions tais como Al, Zn e Cu o que seria de grande valia tanto para melhor entender as características do solo, como suas relações com o desenvolvimento das plantas. As opalas biogênicas, tem importantes funções benéficas nas plantas constitui importantes parte do solo e por manter características específicas de acordo com a espécie de planta de origem. O estudo das opalas em solos tem se mostrado bastante útil para o esclarecimento de relações com disponibilidade de silício para as plantas, pedologia (por exemplo detecção de descontinuidades litológicas) e reconstituição de paleoambientes. Observou-se a morfologia e quantificou - se as opalas biogênicas em dois locais de cimeira com Latossolo Vermelho textura média e argilosa sob Cerrado e dois locais em encosta com solos Glei pouco húmico e comparou-se com a quantidade silício do solo. Conclui - se que tanto os latossolos quanto o glei pouco húmico apresentaram quantidades maiores de opala biogênica no silte que na areia muito fina, isto em todas as profundidades estudadas. Estas quantidades de silicofitólitos foi diminuindo com a profundidade e a quantidade de silício assimilável foi aumentando provavelmente devido a sua facilidade de ser carreado verticalmente nos processos de lixiviação.

Palavras chaves: opala biogênica, silício, solo

### **INTRODUÇÃO**

Opalas biogênicas são partículas silicosas encontradas no solo e que primeiro originam-se da deposição intracelular e ou extracelular de sílica nas plantas. As raízes absorvem a sílica solúvel, (geralmente em forma de ácido silícico) passando este, no interior dos tecidos vegetais, por várias transformações até se depositarem na forma de opala-A que é um mineral amorfo de silício que forma a opala biogênica . Estes incorporam-se ao solo com os restos vegetais. O silício é um nutriente benéfico e em

muitos casos comprovadamente essencial, tanto na nutrição de plantas como de microrganismos e tem funções também muito importantes nos processos geoquímicos do solo (PIPERNO, 1988).

Contudo, as funções da opala biogênica ainda não estão completamente elucidadas, isto tanto porque as técnicas ainda pouco desenvolvidas para seu estudo e os conceitos teóricos existentes, não explicam satisfatoriamente seu modo de formação e as suas funções na biosfera em geral.

No Brasil são raras as publicações que descrevem a quantidade, distribuição, mobilidade e a composição da opala biogênica no solo. Desconhece-se também trabalhos sobre suas relações com liberação e absorção de sílica pelo sistema radicular das plantas, sua interação com cátions tais como Al, Zn e Cu o que seria de grande valia tanto para melhor entender as características do solo, como suas relações com o desenvolvimento das plantas.

Vários estudos são conduzidos buscando identificar fontes alternativas de potássio (K) para a agricultura brasileira, com o objetivo de diminuir as dependências das importações de cloreto de potássio, atualmente em torno de 90% da demanda. Com essa finalidade, a utilização de pó de rocha silicatada tem sido testadas, mas os resultados mais promissores foram obtidos mediante tratamento térmico ou químico do material, processos onerosos que inviabilizam economicamente a tecnologia. Em alguns casos, a aplicação in natura de rochas moídas tem apresentado efeitos agronômicos positivos, porém, influenciados por fatores como a natureza da rocha, as características do solo e a espécie vegetal. Em determinadas condições, o uso de rochas silicatadas, em sistemas de exploração e aplicação similares aos empregados para o calcário agrícola, poderá ser uma opção tecnológica viável. Dentre as rochas silicatadas a Ultramáfica é a que apresenta maior quantidade de potássio.

Os compostos de silício existente nos solos principalmente sob a forma de sílica opalina estão principalmente no horizonte A. As outras formas que predominam nos solos menos intemperizados ou no horizonte C na rede cristalina de feldspatos, são os piroxênios, as micas e todos os outros silicatos primários das rochas.

A decomposição dos silicatos e, também, a fraca dissolução do quartzo liberam um fluxo contínuo de ácido silícico pseudo-solúvel. Nos solos evoluídos, que são os latossolos e os podzólicos, onde não existem mais facilmente intemperizados minerais da rocha-mãe, com exceção, às vezes, de um pouco de muscovita, a sílica provem essencialmente da: dissolução do quartzo (coeficiente de solubilização de 7 a 10 ppm). Se finalmente

subdividido e da decomposição da argilas. É necessário aqui distinguir a caulinita (coeficiente de solubilização de SiO<sub>2</sub> de 1 a 5 ppm) das outras argilas da família da caulinita: caulinita desordenada, haloisita e metahaloisita (coeficiente de solubilização de SiO<sub>2</sub> vai de 115 a 20 ppm, conseqüentemente sendo muito maior do que do quartzo). A sílica coloidal que é liberada nos processos acima não permanece muito tempo imóvel, ela é rapidamente deslocada no perfil pelas águas de drenagem (LEPSCH; BUOL, 1973).

Os solos do cerrado (latossolo), ocupam uma extensa área do Brasil Central, estando hoje em grande parte substituído por lavouras e pastagens principalmente no Triângulo Mineiro (EMRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA, 1982). Com isto a sua biodiversidade está sendo severamente afetada, sendo necessário conhecê-lo melhor possível, 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. No solo o íon Si, em solução, pode combinar-se com o alumínio que é tóxico. O Si no ciclo solo/planta passa por diversas etapas, dentre as quais ressaltam-se a de formação de silicofitólitos (ou corpos silicosos) nos tecidos vegetais (LABORIAU; SENDULSKY, 1966).

A distribuição da quantidade, forma e distribuição da opala biogênica em solos sob cerrado, bem como das espécies nativas desta flora, servirá para um maior entendimento dessa feição, a qual a literatura mais moderna tem mostrado como de importância para explicação de vários fenômenos do solo e das plantas. Inter-relações existem entre os mesmos e atributos pedogenéticos, hábitos, sanidades e produtividade vegetal (como por exemplo interações com toxicidade de alumínio, resistência a patógenos e a estresses hídricos).

Um outro aspecto que merece destaque é o relacionamento com a duração e estabilidade dos silicofitólitos no solo. A solubilidade da opala biogênica é função principalmente da sua superfície específica (aumentando grandemente a partir de 30 m/g, e esta solubilidade é cerca de 10 vezes maior so que a sílica gel), independente do pH (quando o mesmo é menor que 6.0). A solubilidade da opala também diminui com o grau de impurezas: os menos solúveis são aqueles com maiores teores de Al ( por ex: os de coníferas, com 3 a 4 %). Variações sazonais de dissolução da opala biogênica 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 (PINILLA, 1997).

São poucos os estudos acerca das opalas biogênicas em solos, havendo descrições de corpúsculos assemelhados provindos de espículas de esponjas de água doce (COSTA, KELLER e JOHNS, 1992).

Dress e outros (1989) resumiram dados de literatura sobre a composição química da opala biogênica, oriundos diretamente da serrapilheira e do solo. Segundo estes dados os fitólitos apresentam a composição de acordo com o quadro a seguir:

Composto químico	Da serrapilheira g/kg	Do solo g/kg
SiO <sub>2</sub>	64-105	28-72
AlO <sub>2</sub>	0.2-7.0	8.4-47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T*-5.6	2-13
TiO <sub>2</sub>	T*	T*-3
Cão	T*-15.5	1-20.4
K <sub>2</sub> O	T*-9	1.4-10
Na <sub>2</sub> O	T*-5	1-13.3
MgO	T*-5.1	1-17.7
C	57.8	8.6
H <sub>2</sub> O	38.3-76.1	42.6-121

T\*: indica que na análise houve traços da presença do composto, mas com valores não significativos.

#### Quadro 1. Composição química dos fitólitos na serrapilheira e no solo

Lepsch; Buol, (1972), em solos muito argilosos de Rio Claro, SP, sob floresta (1 perfil) e sob cana-de-açúcar (3 perfis) encontrou maiores quantidades de opala (9%) na fração silte grosso e na camada de 0 – 10 cm nos solos sob floresta e acerca de 5 a 9%, nos cultivados com cana-de-açúcar.

O objetivo principal foi o de descrever a morfologia e quantificar as opalas biogênicas de latossolos sob cerrado bem como compará-los com as características gerais do solo e análise de silício assimilável das mesmas, na profundidades de 0-4, 4-10, 10-20, 20-40, 60-80 cm.

## METODOLOGIA

- Eliminação da matéria orgânica (peróxido de hidrogênio)
- Eliminação do ferro livre pelo método de Jackson, pelo método biológico de Allison Scarseth e pelo método do ácido clorídrico.
- Separação da areia e silte e fracionado em silte grosso (50-20u), médio (20-10u) e fino (10-20u).

- Observações preliminares de rotina em uma lupa e depois em um microscópio petrográfico usando-se alternadamente o analisador.

- Foram identificados e fotografados em cada uma das frações do solo (areia fina e grossa, silte fino, médio e grosso e argila), alguns fitólitos com feições morfológicas dominantes e feita uma semi-quantificação sob microscópio petrográfico, com amostras mergulhadas em óleo de cravo (índice de refração igual a 2,8) e usando-se aumento de quarenta vezes.

- Efetuou-se também observações preliminares, para efeito de teste de metodologia, em outras amostras de solo latossolo vermelho escuro de uma mata virgem e de latossolo roxo sob capim colônia como cobertura vegetal.

- Testes de dissolução de cloreto de zinco para a obtenção da densidade 2.6.

- Nas amostras de solo do latossolo vermelho-amarelo e do latossolo vermelho-escuro foram fracionados em areia muito fina, silte grosso e argila, após este fracionamento fez-se uso do microscópio petrográfico para quantificação dos fitólitos (usando também o óleo de cravo para imersão da amostra na lamina).

- Para análise de silício no solo utilizou-se a seguinte metodologia: em amostras de 10g de solo (TFSA) adicionou-se 100ml de uma solução de ácido acético 0.5 M e procedeu-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 10ml do filtrado, ao qual se acrescenta 1 ml de solução sulfo-molíbica. 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 2ml de uma solução de ácido tartárico a 20%, a fim de complexar o fósforo (P) da solução. Após 5 minutos, adiciona-se 10ml 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 fotolorímetro (espectrofotômetro) ajustado no comprimento de onda de 660nm.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O primeiro latossolo vermelho textura média estudado entre Uberlândia e Monte Alegre de Minas (sitio 1), apresentou maiores quantidades de opala biogênica (20-100u) nas profundidades mais superficiais de 0-4 e 4-10cm, sendo que em 10-20, 20-40 e 60-

80cm as quantidades foram diminuindo. Com o silício assimilável determinado nas mesmas amostras aconteceu o oposto, houve um aumento de silício com a profundidade, como relatado na tabela 1.

Tabela 1. Percentagens de opala biogênica e silício no sitio 1.

Profun(cm)	Fração do solo(u)	Opala %	Silício ppm
0-4	20-50	8.0	3
	50-100	2.0	
4-10	20-50	6.0	3
	50-100	1.5	
10-20	20-50	5.0	5
	50-100	1.5	
20-40	20-50	3.5	13
	50-100	1.0	
60-80	20-50	2.5	26
	50-100	0.5	

O segundo local (sitio 2) amostrado a treze quilômetros ao sul do primeiro e também superfície de cimeira, apresentou as mesmas características do primeiro, a quantidade de opala 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 mostrado na tabela 2.

Tabela 2. Percentagens de opala biogênica e silício no sitio 2.

Profun(cm)	Fração do solo(u)	Opala %	Silício ppm
0-4	20-50	10.0	4
	50-100	1.0	
4-10	20-50	8.0	5
	50-100	1.0	
10-20	20-50	7.0	7
	50-100	0.8	
20-40	20-50	5.0	9
	50-100	0.5	
60-80	20-50	3.0	13
	50-100	0.5	

Na toposequência da reserva do Clube Caça e Pesca o primeiro local (sitio 03) amostrado, na parte mais baixa foi no glei pouco húmico dentro da vereda, onde a drenagem é moderada e uma maior acumulação de matéria orgânica superficialmente, o que provocou o desenvolvimento de um horizonte A menos espesso e mais escuro.

Este solo apresentou percentagens bem maiores de opala e em todas as profundidades que os latossolos vermelho-escuro de cimeira citadas anteriormente, (tanto

na areia fina como no silte grosso as quantidades de opala foram maiores). A quantidade de silício também foi maior e também aumentando com a profundidade como mostra a tabela 3.

Tabela 3. Percentagens de opala biogênica e silício no sitio 3.

Profun(cm)	Fração do solo(u)	Opala %	Silício ppm
0-4	20-50	18.5	5
	50-100	6.0	
4-10	20-50	16.5	5
	50-100	5.0	
10-20	20-50	10.0	10
	50-100	3.5	
20-40	20-50	8.5	22
	50-100	2.5	
60-80	20-50	7.0	50
	50-100	2.5	

O segundo local amostrado (sitio 04) desta toposequência foi vinte metros do primeiro, perpendicular a vereda,, com isso o solo apresentava uma melhor drenagem que o primeiro mas ainda apresentava o horizonte A pouco acinzentado.

Este solo também apresentou percentagens maiores de opala que os latossolos, mas menores de opala e silício que o primeiro ponto amostrado na vereda, como mostra a tabela 4.

Tabela 4. Percentagens de opala biogênica e silício no sitio 4.

Profun(cm)	Fração do solo(u)	Opala %	Silício ppm
0-4	20-50	13.0	5
	50-100	4.0	
4-10	20-50	10.5	5
	50-100	3.0	
10-20	20-50	9.0	10
	50-100	2.5	
20-40	20-50	6.0	22
	50-100	2.0	
60-80	20-50	4.5	34
	50-100	1.0	

## CONCLUSÃO

Tanto os latossolos quanto o glei pouco húmico apresentaram quantidades maiores de opala biogênica no silte que na areia muito fina, isto em todas as profundidades estudadas. Estas quantidades de silicofitólitos foi diminuindo com a profundidade e a

quantidade de silício assimilável foi aumentando provavelmente devido a sua facilidade de ser carregado verticalmente nos processos de lixiviação.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

COSTA, L.M.; KELLER, W.D.; JOHNS, W.D. Espículas de esponjas em solos de João Pinheiro, MG. **Revista Ceres**, v.39, n.226, p.597-603, 1992.

DRESS, L. R. et al., Silica in soils: quartz, and disordered silica polymorphs. In: DIXON J. B. WEED, S. B. (Ed.) **Minerals in soils environments** 2. ed. Madison: Soil Sci. Soc. América, 1989. p.471-552.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA.

**Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro.** Rio de Janeiro, R.J., 1982 526p. p.369-370.

LABORIAU, L.G.; SENDULSKY, T. Corpos silicosos de gramínias dos cerrados. In: **Academia Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.159-170, 1966.

LEPSCH, I.F.; BUOL, S.W. Ivertigations in na oxisol ultisol toposequencia in São Paulo State, Brazil. **Soil Sci. Sac Am Proc**, v. 41, p.109-115, 1972.

PINILLA, A. **Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y planta.** Madri: Centro de Ciências Medioambientais. 1997.

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