



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DA PLYGORSKITA E  
ARGILOMINERAIS ASSOCIADOS DA FÁCIES LAGUNAR  
DA FORMAÇÃO ALCÂNTARA, CRETÁCEO SUPERIOR DA  
BACIA DE SÃO LUIS – GRAJAÚ**

**Dissertação apresentada por:**

**KAMILA BORGES AMORIM**

**Orientador: Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica (UFPA)**

---

**BELÉM**  
**2012**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

A524m Amorim, Kamilla Borges

Mineralogia e geoquímica da palygorskita e argilominerais associados da fácies lagunar da Formação Alcântara, Cretáceo Superior da bacia de São Luis – Grajaú / Kamilla Borges Amorim; Orientador: Rômulo Simões Angélica – 2012  
xv, 50 f.: il.

Dissertação (mestrado em geoquímica e petrologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2012.

1. Argilominerais. 2. Palygorskita. 3. Pelitos. 4. Dolomita. 5. Alcântara (MA). I. Angélica, Rômulo Simões, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22° ed.: 549.6098121

---



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

**MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DA PLYGORSKITA E  
ARGILOMINERAIS ASSOCIADOS DA FÁCIES LAGUNAR  
DA FORMAÇÃO ALCÂNTARA, CRETÁCEO SUPERIOR DA  
BACIA DE SÃO LUIS - GRAJAÚ**


DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR


**KAMILA BORGES AMORIM**


**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área  
de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA**

Data de Aprovação: 01/04/2012

Banca Examinadora:

  
Prof. RÔMULO SIMÕES ANGÉLICA  
(Orientador – UFPA)

  
Prof. REINER NEUMANN  
(Membro – CETEM)

  
Prof. ANDRÉ SAMPAIO MEXIAS  
(Membro - UFRGS)

Dedico este trabalho à minha mãe MARIA LÚCIA RIBEIRO BORGES pelo seu amor incondicional e esforço e à minha querida avó FRANCISCA RIBEIRO BROGES, meus maiores amores e por quem tenho muito respeito e admiração.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar conforto espiritual e ajudar a transpor as inúmeras dificuldades, por abençoar a mim e à minha família e por tornar possível a realização desse objetivo.

Meus sinceros agradecimentos a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao PPGG pela concessão da bolsa de estudo e à UFPA pela infra-estrutura necessária para elaboração do trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica, pela orientação durante esta etapa, por me mostrar que mudanças são possíveis e me fazer perceber que sempre sou capaz de ir além do que acredito.

Ao Prof. Dr. Afonso César Nogueira pelo apoio indispensável na realização das etapas de campo, pelas inúmeras conversas e pelas valiosas contribuições para o trabalho.

Ao Prof. Dr. Claudio Lamarão pelas análises de MEV, primordiais para esta pesquisa, pela amizade e pelas inúmeras e divertidas conversas.

À amiga Joseanna Santos, que nesses quase sete anos de convivência na geologia sempre esteve ao meu lado, dando força (literalmente, na preparação das minhas amostras para este trabalho), incentivo e companheirismo que me ajudam a crescer cada vez mais, além de me mostrar que a amizade verdadeira nasce do respeito e da troca de experiências.

Aos colegas do GSED Isaac Rudnitzki e Joelson Soares pelas valiosas discussões, muito importantes para o fechamento deste trabalho, e aos colegas da DRX pelas análises realizadas, fundamentais para este trabalho.

“Supere todas as discordâncias que tem com alguém  
mudando sua atitude.  
Seu papel é inspirar.  
E quem é inspirador nunca questiona, confronta,  
critica, comenta ou tenta controlar.  
Mantenha o domínio sobre as suas ações  
e não sobre as ações dos outros.  
Tenha cautela com as palavras porque o  
que você diz pode provocar impacto e obscurecer  
a percepção do outro.  
Mantenha seu autocontrole e aprenda a mudar as  
respostas, a ser mais leve e despreocupado.”

Kamilla Borges Amorim

## RESUMO

Os litotipos da Formação Alcântara (pelitos, arenitos e dolomitos) afloram ao longo de falésias no município de Alcântara, estado do Maranhão e têm como característica a ocorrência do argilomineral palygorskita, principalmente na forma de bolsões esbranquiçados, mais especificamente nos níveis pelíticos. Esta unidade é representada por depósitos de *shoreface* gerados por processos de tempestade, recobertos por laguna/*washover* e canal de maré, que compõem uma sucessão progradacional. No presente trabalho, são apresentados os resultados da caracterização mineralógica destas rochas, com objetivo de entender/definir a origem da palygorskita (autigênica ou detrítica), discutir o contexto geoquímico das condições paleoambientais de formação dos argilominerais ricos em magnésio e sua paragênese mineralógica, especialmente a relação entre palygorskita e dolomita. Além disso, o trabalho mostra uma avaliação preliminar do potencial mineral da ocorrência de palygorskita, mostrando os níveis que apresentam a palygorskita maciça e qual a espessura aproximada dos pacotes. Um perfil geológico foi descrito na Praia da Baronesa, com a coleta de amostras efetuada em duas etapas de campo, totalizando 22. As mesmas, após preparação, foram submetidas às seguintes técnicas instrumentais: Difração de Raios-X (DRX), Fluorescência de Raios-X (FRX), Análises Térmicas (ATD-ATG), e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os resultados da primeira etapa de coleta e análises químicas e mineralógicas foram utilizados no artigo submetido e aceito pela revista Cerâmica. Estes dados mostram que o perfil da Praia da Baronesa é composto por arenitos na base, seguidos de pelitos dominantes, com intercalações de dolomitos. Nos pelitos, foi descrita uma ampla assembléia de argilominerais, característicos de ambiente lagunar, com variações no conteúdo de palygorskita, dolomita, clorita, illita, esmectita e traços de caulinita e feldspatos. Duas gerações de palygorskita foram descritas: (1) na forma de bolsões ou acumulações macroscópicas nos níveis pelíticos ricos em palygorskita, frequentemente descritos na literatura, e (2) na forma maciça, como mineral dominante dos níveis pelíticos superiores do perfil da Praia da Baronesa. A segunda geração, descrita pela primeira vez neste trabalho, pode constituir níveis métricos com potencial interesse econômico. Na segunda etapa, as análises foram efetuadas em camadas pelíticas com maior nível de detalhe, e também em camadas de dolomito. Nesta etapa foi possível observar que a palygorskita é de fato o argilomineral dominante nos pelitos, além de aparecer como mineral traço nos níveis dolomíticos. Os dados revelam que os teores de palygorskita tendem a aumentar nas porções superiores do perfil, mostrando uma relação inversamente proporcional com os argilominerais

clorita e illita, que têm seus valores diminuídos à medida que ocorre o incremento de palygorskita. A relação entre palygorskita e dolomita também é muito marcante, uma vez que quando o primeiro mineral é dominante, a dolomita aparece como segunda fase mineral mais abundante. Esta relação é acentuada quando os dados de MEV são analisados, pois os dois minerais sempre ocorrem associados. As análises micromorfológicas da palygorskita indicam que sua origem é autigênica, ou seja, que se formou *in situ*, visto que suas feições não mostram desgaste ou retrabalhamento, eliminando a possibilidade de origem detrítica. Sabe-se que a palygorskita pode ser encontrada associada a rochas carbonáticas e que as condições adequadas à sua formação são clima semi-árido a árido, alta atividade de Si e Mg com disponibilidade de Al e pH alcalino (~8). Estas condições, somadas à assembleia mineralógica, indicam que a concentração de Mg em solução provavelmente foi adequada à precipitação de palygorskita, após a formação da dolomita. Outros fatores, como alteração das condições físico-químicas (incremento de sílica pelo consumo de outros minerais (clorita e illita?)), também podem ter favorecido a precipitação de palygorskita. Além dos resultados observados, os novos dados de DRX mostraram que os horizontes superiores do perfil, aproximadamente 4m de pelitos, são os que apresentam as maiores concentrações de palygorskita. A ocorrência deste mineral parece ser bastante significativa, com teores muito elevados em alguns horizontes, revelando perspectivas de trabalhos futuros relacionados às propriedades industriais deste mineral, a uma melhor quantificação do mesmo e às possibilidades quanto ao aproveitamento econômico.

Palavras-chaves: Argilominerais. Palygorskita. Pelitos. Dolomita. Alcântara (MA).



## ABSTRACT

The Alcântara Formation lithotypes (pelites, sandstones and dolomites) outcrop along the cliffs in the town of Alcântara, Maranhão state, and are characterized by the occurrence of the clay mineral palygorskite mainly in the form of whitish pockets, more specifically in pelitic levels. This unit is represented by shoreface deposits generated by storms processes, covered by lagoon/washover and tidal channel, comprising a progradational succession. In this paper, the results of mineralogical characterization of these rocks are presented, in order to understand/define palygorskite origin (autigenic or detrital), discuss the geochemical context of paleoenvironmental conditions of rich-magnesium clay minerals formation and their paragenesis, specially the relation between palygorskite and dolomite. Furthermore, this research shows a preliminary assessment of mineral potential of palygorskite occurrence, showing the levels where this mineral is massive and the approximate thickness of the packets. A geological profile was described at Baronesa Beach, where 22 samples were collected in two field stages. After laboratorial preparation, they were submitted to the following instrumental techniques: X-Ray diffraction (XRD), X-Ray fluorescence, thermal analysis (DTA-TAG) and scanning electron microscopy (SEM). The first field stage results and chemical and mineralogical analysis were utilized in the submitted and accepted paper by *Cerâmica* journal. These data show that Baronesa Beach profile is composed of sandstones, in the base, succeeded by mudstones with dolomites intercalations. In the mudstones, a vast clay mineral assemblage was described, characteristic of lagoonal environment, with variations in the contents of palygorskite, dolomite, chlorite, illite, smectite and traces of kaolinite and feldspars. Two different generations of palygorskite were described: (1) in the form of pockets or macroscopic accumulations in the rich-palygorskite pelitic levels, and (2) in the massive form, as the higher pelitic levels dominant mineral of the Baronesa Beach profile. The second generation, described for the first time in this paper, may constitute metric levels with potential economic interest. In the second field stage, analysis were performed with more detail in pelitic layers, and also, in dolomitic layers. In this stage, it was possible to observe that palygorskite is indeed the dominant clay mineral in pelites, and appear as trace mineral in dolomitic levels. Data reveal that palygorskite contents tend to increase in the upper portions of the profile, showing an inversely proportional relationship with chlorite and illite clay minerals, whose values decrease as palygorskite increases. The relationship between palygorskite and dolomite is also very significant, because when the first mineral is the dominant, dolomite appears as the second most abundant mineral. This

relationship is accentuated when SEM data are analysed, because both minerals always occur associated. Palygorskite micromorphological analysis indicate its origin is autigenic, that is, it was formed “in situ”, since its features do not exhibit any wearing or reworking, eliminating any possibility of detrital origin. It is known that palygorskite can be found in association with carbonate rocks and that the appropriated conditions for its formation are semi-arid to arid climate, high Si and Mg activities with Al available, and alkaline pH (~8). These conditions, added to mineralogical assemblage, indicate that Mg concentration in solution was probably enough to precipitate palygorskite, after dolomite formation. Others factors, such as changes in physic-chemical conditions (Si increasing by the consumption of other minerals (chlorite and illite?)), may also have favoured palygorskite precipitation. In addition to the observed results, new XRD data showed that upper horizons of the profile, approximately 4m of pelites, are the ones with the highest palygorskite concentration. This mineral occurrence seems to be very significant, with very high contents in some horizons, revealing prospects of future works related to industry properties of this mineral, to a better quantifying and to possibilities about its economic use.

Key-words: Clay minerals. Palygorskite. Pelites. Dolomite. Alcântara (MA).