

## Precipitação de carbonato de cálcio para aplicação industrial

(Calcium carbonate precipitation for industrial application)

Felipe Ventura Oliveira

*M.Sc., Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais,  
Universidade Federal de Minas Gerais.  
E-mail: Felipe\_ventura@yahoo.com*

Afonso Henriques Martins

*D.Sc., Professor Associado, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
Universidade Federal de Minas Gerais.  
Email: ahmartin@demet.ufmg.br*

### Resumo

Esse trabalho apresenta os resultados experimentais da síntese de partículas de carbonato de cálcio precipitado (PCC) depositadas sobre carbonato de cálcio natural (GCC), onde se variaram a relação  $[Ca]/[CO_3]_T$  inicial, a temperatura e o pH da solução aquosa de síntese e a concentração de coagulante (EDTA). As amostras foram caracterizadas por microscopia eletrônica de varredura, carbono total (TOC), área superficial específica (método BET), distribuição granulométrica e refletância de luz visível para se determinar o brilho. Os resultados foram comparados a amostras de referência utilizadas por indústrias de papel.

O aumento do teor de EDTA favoreceu a coagulação das partículas de PCC entre si, aumentando o tamanho dos agregados. Em valores de pH entre 10 e 11, o PCC tendeu a coagular entre si e, em valores de pH entre 8 e 9, na superfície das partículas de GCC. Observou-se uma redução da densidade do material obtido. Os valores de área superficial específica do material estão dentro do aceitável pelas indústrias de papel e de plásticos.

**Palavras-chave:** Carbonato de cálcio, síntese, precipitação.

### Abstract

*This work presents the experimental results for precipitated calcium carbonate (PCC) synthesis over a ground calcium carbonate (GCC) substrate. The parameters  $[Ca]/[CO_3]_T$  initial ratio, aqueous synthesis solution temperature, pH and coagulant concentration (EDTA) were investigated. The samples were characterized by scanning electron microscopy (SEM), total carbon (TOC), specific surface area (BET method), particle size distribution and visible light reflectance (to measure the brightness of the samples). The results were compared with values from standard samples used in the paper industry.*

*According to the experimental results, it was noted that an increase in the EDTA amount added to the pulp favored PCC homo-coagulation and also increased the size of the coagulum. PCC tends to homo-coagulate between pH 10 and 11, while it tends to precipitate over GCC particles between pH 8 and 9. A decreasing of the material density was also observed. Values found for specific surface area can be considered acceptable by paper and plastics industries.*

**Keywords:** Calcium carbonate, synthesis, precipitation.

## 1. Introdução

O carbonato de cálcio tornou-se o mineral mais utilizado como elemento de carga nas rotas processuais para as indústrias de papel e de plásticos. Pode ser utilizado, tanto na forma natural (GCC - Ground Calcium Carbonate), quanto na forma precipitada (PCC - Precipitated Calcium Carbonate).

Na natureza, o carbonato de cálcio é encontrado em três morfologias: calcita romboédrica, aragonita, na forma de agulha, e vaterita esférica, sendo que a calcita é a forma mais estável do carbonato de cálcio (Chong & Sheikholeslami, 2001; Xiang et al., 2002).

O PCC pode ser produzido, tanto pela adição de  $\text{CO}_2$  a uma polpa de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , quanto pela reação de um composto de carbonato solúvel com uma solução que contenha cálcio (Wen et al., 2003).

De acordo com Laufmann (1998), Westin e Rasmuson (2003) e Xiang et al. (2002), as principais variáveis na produção do PCC são a temperatura da solução aquosa de síntese, a razão  $[\text{Ca}]/[\text{CO}_3]_T$  e o pH, além da presença de polímeros, que podem afetar a solubilidade do  $\text{Ca}^{2+}$ , alterando, assim, a morfologia e o tamanho das partículas formadas. Xiang et al. (2002) conseguiram agregar partículas de PCC com tamanhos de 50nm a 100nm, utilizando-se a adição do ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) como agente agregante numa polpa de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e borbulhando  $\text{CO}_2$ .

Segundo Shreve e Brink Jr. (1977), a polpa, para a fabricação do papel, é fabricada por dois processos gerais: na bateadeira e no refinador, sendo este último o mais utilizado atualmente. Todos os papéis, exceto os do tipo absorvente, devem ter uma carga, cuja função é ocupar os espaços entre as fibras, dando uma superfície mais lisa, uma brancura mais brilhante, melhor recebimento da tinta e opacidade elevada. As cargas inorgânicas são finamente cominuídas e adicionadas à polpa na bateadeira ou no refinador, antes de se iniciar o batimento das fibras. O uso do carbonato de cálcio

como carga origina a rota denominada de “alcalina” e o pH de operação fica entre 7,0 e 8,0.

O objetivo principal desse trabalho experimental foi o desenvolvimento de uma rota hidrometalúrgica tecnicamente viável para a precipitação de carbonato de cálcio sobre um substrato mineral de carbonato de cálcio natural encontrado na mina principal da Mineração Leal e Rosa, no município de Pains (MG). O alvo foi a obtenção de valores numéricos para algumas das principais propriedades químicas, físicas e morfológicas do PCC sintetizado, que poderiam ser considerados aceitáveis para sua aplicação como elemento de carga nas rotas de processamento das indústrias de papel e de plásticos.

## 2. Metodologia

A amostra de calcário calcítico, denominada GCC, utilizada nos experimentos foi cedida pela Mineração Leal e Rosa, do município de Pains (MG) e foi submetida a processos físicos. Inicialmente, o material se encontrava sob a forma de fragmentos de cerca de 20cm de diâmetro e foi cominuído por marroamento até atingir o tamanho ideal para ser processado no britador primário.

O GCC foi analisado, inicialmente, utilizando-se as técnicas descritas a seguir, para a determinação da morfologia, carga superficial e fases minerais presentes. Entre essas técnicas, pode-se citar a difração de raios X (difratômetro de raios-X, marca Philips, modelo PW 1710), a qual visa a identificar os compostos inorgânicos e as fases minerais presentes; a espectrometria de fluorescência de raios X (espectrômetro de fluorescência de raios X, marca Philips, modelo PW 2400) a qual visa a identificar os principais elementos presentes; a microscopia eletrônica de varredura (microscópio eletrônico de varredura, marca Jeol, modelo JSM-6360LV), para determinar a morfologia; a análise granulométrica por difração de laser (granulômetro marca Cilas, modelo 1064), para determinar a distribuição de tamanhos das partículas da amostra de

GCC; a área superficial específica (método BET) (marca Quantachrome, modelo Nova-1200) a qual visa a quantificar a disponibilidade de regiões de deposição de flocos de carbonato de cálcio no substrato mineral (calcário); a microeletroforese (marca Rankbrothers, modelo 01) e a turbidimetria (turbidímetro marca Hach, modelo 2100N-115 VAC), para determinar o estado de agregação e dispersão das partículas nos valores de pH de estudo e nos valores dos potenciais zeta correspondentes.

Realizou-se o ensaio de microeletroforese no GCC, de modo a determinar o seu estado de dispersão. O sistema deve estar o mais disperso possível para possibilitar que as partículas de GCC possam ser mais homogeneamente recobertas pelas partículas de PCC. O estado de dispersão do sistema foi determinado com o uso de turbidimetria. Para cada valor de pH, obteve-se uma polpa com 30% de sólidos, com tamanhos de partículas abaixo de 12,5 $\mu\text{m}$ . Deixou-se essa polpa sedimentar por 15 minutos e recolheu-se 1,0L de sobrenadante, o qual foi analisado. Quanto maior o valor de turbidez, maior é a dispersão do sistema.

A análise da densidade do material foi efetuada utilizando-se picnômetro a gás, com gás He e o resultado foi um valor de 2,73g/cm<sup>3</sup>, considerado típico para esse material (Laufmann, 1998).

Para a realização dos experimentos, foi utilizado um reator de vidro borossilicato com capacidade nominal de 2,0L. O sistema formado pela solução aquosa e pelo material sólido em suspensão foi mantido sob agitação com o uso de uma hélice de plástico acoplada a um motor elétrico da marca Bosch, modelo GBM 10-2, com um controlador de velocidade de rotação. O gás  $\text{CO}_2$  foi adicionado ao sistema por meio de tubo de plástico cristal em forma de uma serpentina. A temperatura do experimento foi controlada por um aquecedor digital de banho marca Lauda, modelo B, que aquecia o sistema através de banho-maria.

Parte do GCC foi calcinada num cadinho de cerâmica em forno tipo mufla a 950°C por 4 horas, visando a obter CaO

para ser utilizado na relação  $[Ca]/[CO_3]_T$  dos experimentos. O CaO obtido foi peneirado em peneira com abertura de 48# (0,297mm) e o passante foi armazenado para uso nas sínteses.

De acordo com os dados e as informações obtidas na literatura (Oliveira, 2005), algumas das principais variáveis que controlam a formação do PCC e o estado de agregação e dispersão do meio foram estudadas: relação  $[Ca]/[CO_3]_T$  inicial (2/1, 3/1, 4/1, 6/1); teor de EDTA (0,50% e 1,00%); pH do meio (8, 9, 10 e 11); temperatura da solução aquosa do experimento (25, 35 e 50°C).

As amostras foram codificadas de acordo com cada variável estudada, representada por um símbolo, na seguinte ordem: relação  $[Ca]/[CO_3]_T$  inicial, teor de EDTA, pH e temperatura. A codificação utilizada dos experimentos está mostrada na Tabela 1.

Para o início dos experimentos, pesaram-se 1,0g de GCC e uma quantidade proporcional de CaO, para que se obtivesse a relação  $[Ca]/[CO_3]_T$  inicial desejada. O CaO foi hidratado com 500mL de água deionizada, já na temperatura de análise desejada, produzindo uma polpa de  $Ca(OH)_2$ . A essa polpa foi adicionado o GCC. Regulou-se o pH da polpa com uma solução de  $H_2SO_4$  0,1M. A polpa resultante foi colocada no reator, onde se iniciou a agitação. A injeção de  $CO_2$  foi estabelecida ao mesmo tempo em que se adicionou o EDTA à polpa. A injeção de  $CO_2$  foi interrompida exatamente 20 minutos depois, quando se considerou completa a reação. A polpa foi filtrada em filtro de papel. O retido foi secado e armazenado.

As amostras foram divididas quanto ao seu grau de alvura, observado a olho nu. As que apresentaram uma maior alvura foram enviadas para análise de teor de  $C_{total}$  (analisador de carbono total, marca Shimadzu, modelo SSM-5000A). Através dessa análise, determinou-se a taxa de conversão em PCC das amostras, selecionando-se as que apresentaram os maiores valores dessa taxa. As amostras assim selecionadas foram, então, enviadas para análises de mor-

fologia, área superficial específica, granulometria e brilho, para que fosse possível determinar se o PCC obtido se enquadraria nos requisitos estipulados para aplicação nas rotas de processamento das indústrias de papel e de plásticos. Sendo os requisitos das indústrias de papel muito mais restritos que os das indústrias de plásticos, tem-se que, atendendo-se os requisitos das indústrias de papel, automaticamente atender-se-á a maioria dos requisitos das indústrias de plásticos (Veiga & Paschoal, 1991).

Os valores encontrados foram comparados com os valores encontrados nas análises de dois tipos de carbonatos de cálcio precipitado, considerados, nesse trabalho, como referência, sendo o primeiro denominado Carbital 90®, utilizado pela empresa Klabin Celulose e Papel S.A., e o segundo denominado Albacar 5970®, utilizado pela empresa Votorantim Celulose e Papel S. A.

O brilho das amostras produzidas foi obtido utilizando-se um refletômetro (marca Photovolt, modelo 670) ao qual foi acoplado um filtro azul. O resultado obtido, expresso em porcentagem, representa a quantidade de luz refletida pelo material em relação a um padrão do equipamento.

### 3. Resultados e discussão

A composição química do GCC empregado nos experimentos está mostrada na Tabela 2. O teor de Fe determinado pode estar acima do que realmente existia no GCC, devido aos diversos processos mecânicos de fragmentação aos quais esse material foi submetido com eventual contaminação.

De acordo com a Figura 1, que mostra os resultados da microeletroforese e turbidimetria, o sistema estava mais disperso na faixa de pH entre 8 e 11 e isto está de acordo com os resultados obtidos por Holysz et al. (2002). A dispersão do sistema pode ser avaliada pelos resultados da análise de turbidimetria (ver Figura 1).

Tabela 1 - Codificação das amostras.

Variável	Valor	Código
Relação $[Ca]/[CO_3]_T$ inicial	2/1	1
	3/1	2
	4/1	3
	6/1	4
Teor de EDTA (%)	0,50	A
	1,0	B
pH	8	8
	9	9
	10	10
	11	11
Temperatura (°C)	25	C
	35	D
	50	E

Tabela 2 - Composição química do GCC.

Espécie	Teor (%)
$CaCO_3$	98,77
MgO	0,08
$SiO_2$	0,30
Sr	0,10
$Fe_2O_3$	0,03
Al	<0,01
Na	<0,01
K	<0,01

O valor encontrado da área superficial específica do GCC foi de  $2,9\text{m}^2/\text{g}$ . De acordo com Omya A. G. (2003), esse valor encontra-se dentro da faixa aceitável ( $2,0 - 7,0\text{m}^2/\text{g}$ ) para utilização do GCC como carga mineral, tanto na indústria de papel, quanto na indústria de plásticos.

A curva de distribuição granulométrica obtida encontra-se representada na Figura 2. De acordo com a curva obtida, os valores de  $d_{50}$  e  $d_{90}$  são, respectivamente,  $2,80\mu\text{m}$  e  $5,95\mu\text{m}$ . Os valores encontrados revelam que a amostra de GCC possuía granulometria acima do estipulado pelas indústrias de papéis.

A análise de fluorescência de raios X revelou a existência dos elementos Ca, Al e Si de forma abrangente, Fe, S e P com intensidades médias e traços de Sr, Mg e Na e essas presenças revelam que a amostra de GCC pode ser considerada típica do ponto de vista de composição química. A análise de difração de raios X indicou que a única fase presente no GCC foi a calcita.

Realizou-se ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) na amostra de GCC, de modo a determinar sua morfologia. A fotomicrografia obtida por MEV com elétrons secundários está mostrada na Figura 3. A amostra de GCC possui uma morfologia, predominantemente, romboédrica, típica desse mineral. Não se detectou a presença de partículas heterogêneas, indicando, provavelmente, que a composição química do GCC é constante para todas as partículas.

Como referência para comparação, utilizaram-se duas amostras de PCC, uma empregada pela empresa Klabin Celulose e Papel S.A., denominada Carbital 90<sup>®</sup>, e outra empregada pela empresa Votorantim Celulose e Papel S. A., denominada Albacar 5970<sup>®</sup>. Essas amostras de referência foram submetidas aos mesmos métodos de caracterização das amostras de PCC produzidas nesse trabalho.

Os materiais foram classificados pelo grau de alvura a olho nu, devido à grande diferença de coloração das amostras. As partículas de GCC utilizadas apresentaram uma coloração bege-acinzentada, que influenciou, significativamente, o grau de alvura das amostras. Assim sendo, o maior grau de alvura foi obtido para amostras com maior relação  $[\text{Ca}]/[\text{CO}_3]_T$  inicial.

O teor de carbono ( $\%C_{\text{total}}$ ) das amostras foi determinado e o resultado das análises está indicado na Tabela 3. Uma amostra com 100% de  $\text{CaCO}_3$  apresenta 12% de  $\%C_{\text{total}}$ . Considerando-se, também, o EDTA ( $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_8$ ) como uma fonte de carbono, o  $\%C_{\text{total}}$  máximo passa a ser de 12,3%, para as amostras com 0,50% de EDTA, e de 12,6%, para as amostras com 1,00% de EDTA. A taxa de conversão foi calculada de acordo com o  $\%C_{\text{total}}$  obtido por essa análise em relação ao  $\%C_{\text{total}}$  máximo possível para cada amostra. Vale ressaltar que todas as amostras analisadas possuíam a mesma relação  $[\text{Ca}]/[\text{CO}_3]_T$  inicial.

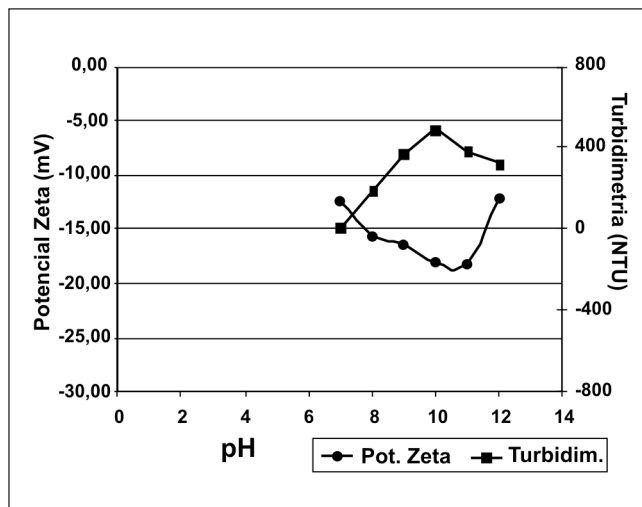


Figura 1 - Curva de microeletroforese e turbidimetria para amostra de GCC.

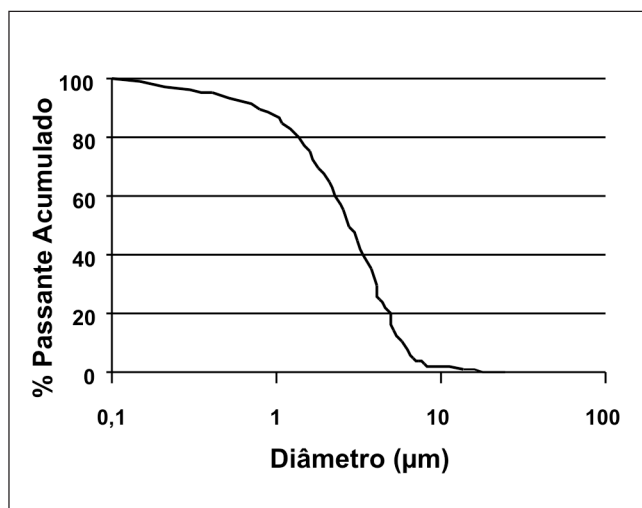


Figura 2 - Curva de distribuição granulométrica da amostra de GCC.

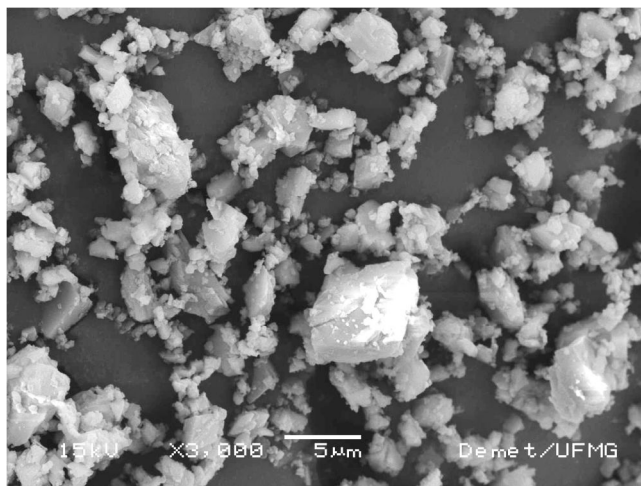


Figura 3 - Partículas de GCC (3000X).

Por apresentarem maior taxa de conversão (acima de 50%), as amostras 4A11C, 4A11D, 4A8E, 4A9E, 4A11E, 4B9E, 4B10E e 4B11E foram enviadas para caracterização quanto à morfologia, à área superficial específica, à distribuição granulométrica e ao brilho. A Tabela 1 apresenta dados que facilitam um melhor entendimento do significado dos códigos utilizados para as amostras.

Micrografias das amostras obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) por elétrons secundários são mostradas nas Figuras 4 a 13.

A morfologia dos materiais tomados como referência foi escalenoédrica, como é típico desse material (ver Figuras 4 e 5). Entre as várias morfologias possíveis ao PCC, a escalenoédrica parece ser a mais adequada, atualmente, para as empresas produtoras de papéis brancos, talvez devido à abrasividade ou por ser de mais fácil obtenção.

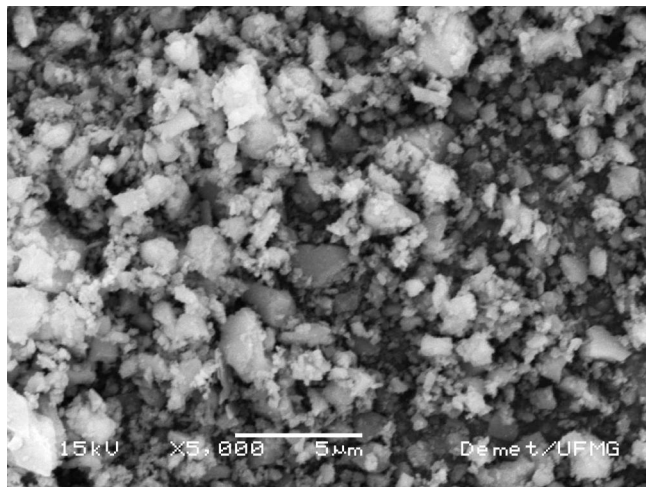


Figura 4 - Partículas do Carbital 90® (5000X).

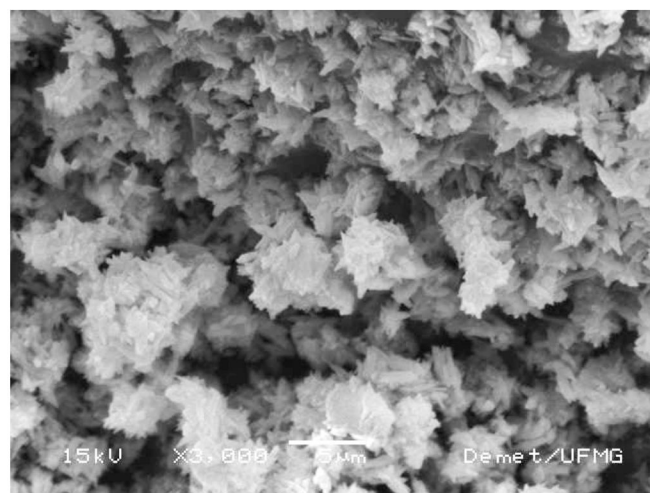


Figura 5 - Partículas do Albacar 5970® (3000X).

Tabela 3 - Resultados de análise de teor de carbono e taxa de conversão das amostras de PCC.

Amostra	% C Analisado	Taxa de Conversão (%)
4A8C	2,95	23,96
4A9C	3,09	25,09
4A10C	3,44	27,99
4A11C	8,35	67,93
4A8D	3,32	26,98
4A9D	3,47	28,20
4A10D	3,57	29,03
4A11D	8,90	72,37
4A8E	10,07	81,91
4A9E	6,37	51,80
4A10E	3,39	27,54
4A11E	6,83	55,53
4B8C	2,94	23,36
4B9C	3,06	24,31
4B10C	3,19	25,29
4B11C	2,83	22,43
4B8D	4,19	33,25
4B9D	2,95	23,39
4B10D	3,08	24,47
4B11D	2,90	23,01
4B8E	2,86	22,67
4B9E	6,77	53,74
4B10E	7,52	59,67
4B11E	7,22	57,27

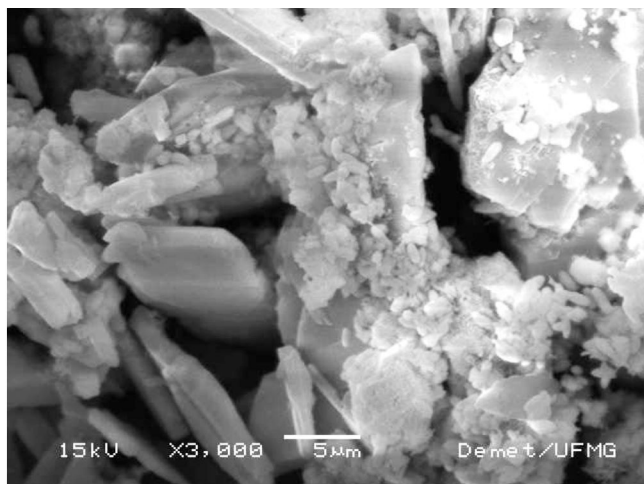


Figura 6 - Partículas da amostra 4A11C (3000X).



Figura 9 - Partículas da amostra 4B11E (3000X).

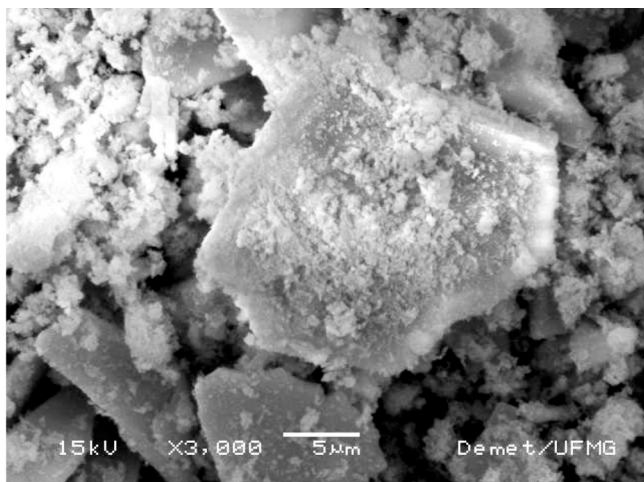


Figura 7 - Partículas da amostra 4A11D (3000X).

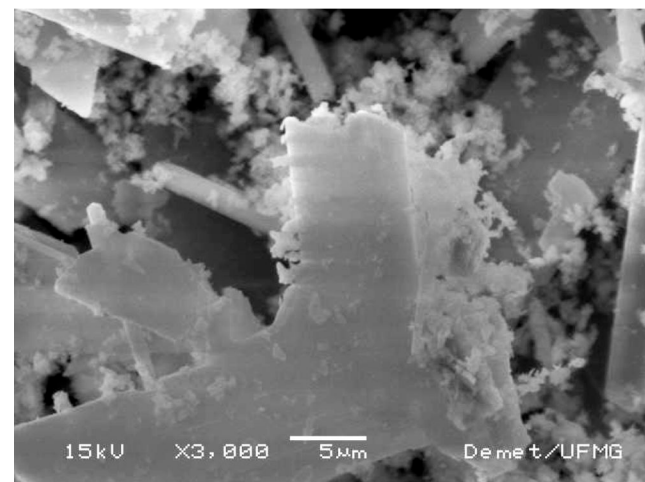


Figura 10 - Partículas da amostra 4B10E (3000X).

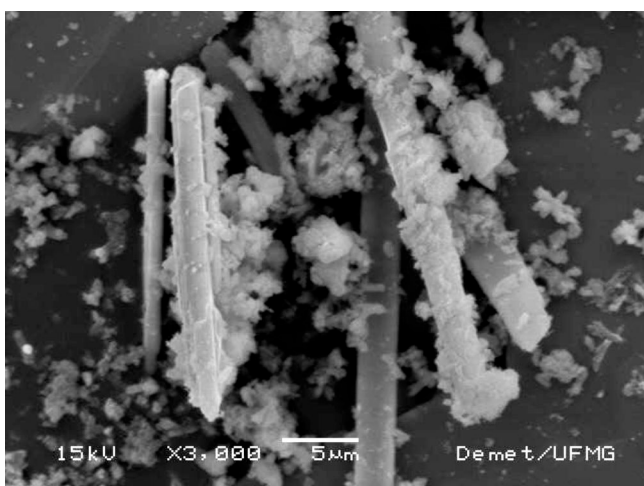


Figura 8 - Partículas da amostra 4A11E (3000X).

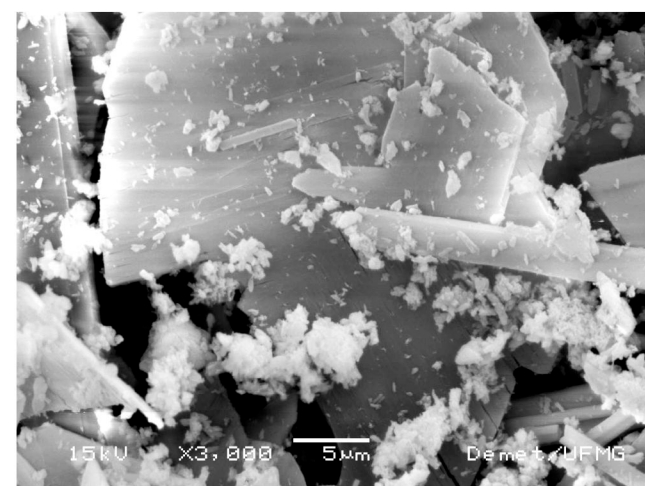


Figura 11 - Partículas da amostra 4B9E (3000X).

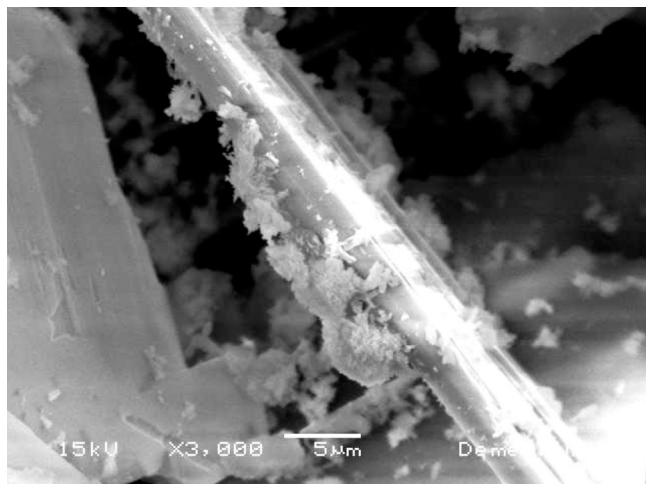


Figura 12 - Partículas da amostra 4A9E (3000X).



Figura 13 - Partículas da amostra 4A8E (3000X).

Comparando-se as amostras 4A11C e 4A11D, percebe-se que o aumento da temperatura estimulou a criação de estruturas aciculares, fato que pode ser observado, quando se comparam essas duas amostras com a 4A11E. Análises de difratogramas de raios X indicaram que essas estruturas são de aragonita. Não foi observada a presença de aragonita na amostra de GCC, significando que toda a aragonita foi formada juntamente com o PCC. A formação de aragonita indica que se deixou de formar PCC e isso prejudica o produto final, pois o interesse maior é formar o máximo de PCC possível.

Uma comparação entre as micrografias das amostras 4A11E e 4B11E mostrou que o aumento no teor de EDTA favoreceu a coagulação das partículas de PCC entre si e não entre elas e o GCC. A coagulação das partículas de PCC entre si não é desejável, pois é necessário que elas recubram as partículas de GCC. A coagulação, como ocorreu, indica que o recobrimento das partículas de GCC não foi satisfatório.

A influência do pH na formação do PCC foi notada quando se analisaram as micrografias das amostras 4B11E e 4B10E. Uma menor ocorrência de aragonita foi observada. Com isso, percebeu-se que a formação do PCC ocorreu, preferencialmente, na superfície dessa fase. Uma menor quantidade de aragonita favoreceu a coagulação do PCC nos valo-

res de pH observados. Observou-se, ainda, a existência de diversas partículas com a forma de placas, talvez provenientes da clivagem do GCC durante os processos de moagem.

Uma alteração mais significativa no pH, como se observa analisando as amostras 4B10E e 4B9E, mostrou uma diminuição no tamanho dos agregados de PCC. Observou-se, novamente, a presença de partículas com formato de placas como um resultado provável dos processos de moagem aos quais o GCC foi submetido.

A influência do teor de EDTA pode ser novamente observada na comparação das amostras 4B9E e 4A9E, em que se percebeu uma diminuição no tamanho dos agregados de PCC, quando se diminuiu o teor de EDTA. Uma redução no tamanho dos agregados significa que existe mais PCC disponível para se precipitar na superfície do GCC, que é o objetivo principal desse trabalho. Entretanto, não se avaliou a quantidade de agregados formados, impossibilitando, assim, uma avaliação conclusiva a respeito da influência da diminuição do teor de EDTA.

Pode-se, novamente, relacionar a formação de aragonita com o pH na comparação das amostras 4A9E e 4A8E, em que essa fase ocorre em menor quantidade. Nos valores de pH analisados, foi possível observar que a coagulação do PCC ocorreu na superfície das partícu-

las de GCC, devido à menor quantidade de aragonita, como se havia objetivado. Nessas duas amostras, foi possível observar a presença de placas.

A área superficial específica das amostras foi determinada e os valores obtidos estão mostrados na Tabela 4. Com base nos valores encontrados, percebeu-se que o valor da área superficial específica das amostras obtidas foi maior do que o das amostras de referência (entre 6,3 e 12,1 m<sup>2</sup>/g). Entretanto os valores obtidos estiveram dentro dos valores aceitos pelas indústrias de papel e de plástico, que admitem valores de área superficial específica entre 7 e 40 m<sup>2</sup>/g.

A análise de distribuição granulométrica das amostras foi realizada e os resultados encontrados para as amostras de PCC são mostrados na Tabela 5. De acordo com os resultados encontrados, foi possível notar que os valores para  $d_{50}$  das amostras estiveram acima do encontrado para as amostras de referência e, acima, também, dos especificados pelas indústrias de papel e de plásticos. Tal fato se deveu, provavelmente, a dois fatores principais: o primeiro é o fato de as partículas de GCC apresentarem granulometria acima do esperado ( $d_{50} = 2,80 \mu\text{m}$ ); o segundo se deve ao fato de as partículas de GCC terem sido recobertas pelas de PCC e, posteriormente, se coagularem, elevando ainda mais esse valor. Analisando-se o valor de  $d_{90}$  en-

contrado, percebeu-se que ele estava próximo aos obtidos para as amostras de referência, sendo 14,35 $\mu\text{m}$  e 5,25 $\mu\text{m}$  para o Carbital90<sup>®</sup> e para o Albacar5970<sup>®</sup>, respectivamente.

Concluiu-se que a distribuição granulométrica das partículas obtidas não se distanciaram, significativamente, das amostras de referência. As amostras que apresentaram menores tamanhos foram, também, as que apresentaram maiores valores de área superficial específica evidenciando que a superfície das partículas não se alterou significativamente, como foi observado nas imagens de MEV.

As análises de brilho foram realizadas e os resultados obtidos encontram-se na Tabela 6. O valor médio encontrado para o brilho das amostras foi de 81,81%, inferior ao encontrado para as referências, apesar de não se distanciar significativamente deles. Esse valor médio de 81,81%, talvez, se deva à presença do GCC, que tem uma coloração bege-acinzentada e influenciou significativamente o brilho das partículas. Entretanto existe a possibilidade do GCC não ser a única causa da diminuição do brilho. A presença do EDTA e a presença da ar-

gonita também podem influenciar significativamente os valores de brilho das amostras de PCC obtidas. Esse problema poderia ser reduzido, possivelmente, utilizando-se uma maior relação  $[\text{Ca}]/[\text{CO}_3]_T$  inicial. Deve-se atentar, também, para a presença dos contaminantes, que, apesar de se apresentarem em pequena quantidade, podem exercer alguma influência no que diz respeito ao brilho.

Com o objetivo de se determinar um valor aproximado da densidade das amostras de PCC obtido, preparou-se uma mistura com 1,0g de PCC proveniente de cada uma das oito amostras secas (4A11E, 4A11C, 4B9E, 4A11D, 4A8E, 4A9E, 4B10E, 4B11E), homogeneizou-se essa mistura e realizou-se a análise de densidade, por picnômetro a gás, utilizando gás He. Tal análise forneceu um resultado de 2,62g/cm<sup>3</sup>. Comparando-se esse valor com o obtido para o GCC (2,73g/cm<sup>3</sup>), notou-se uma redução no valor da densidade de cerca de 4%. Tal fenômeno se deveu, provavelmente, à coagulação das partículas de PCC, que criaram uma região de vazio no interior do agregado, diminuindo o valor da densidade.

Cargas com densidade levemente menor que o comum podem ter utilização estratégica pelas indústrias de papel e de plástico, criando a possibilidade de produção de materiais com densidade menor que a atual.

## 4. Conclusões

A alvura do material foi favorecida por uma maior relação  $\text{CaO}/\text{CaCO}_3$ . Observou-se que o aumento da temperatura de 25°C para 50°C favoreceu discretamente a conversão de CaO em PCC e a formação de aragonita, que parece ser um substrato preferencial para a deposição de PCC.

O aumento do teor de EDTA de 0,5% para 1,0% favoreceu a coagulação das partículas de PCC entre si e não em outros substratos (GCC ou aragonita), além de aumentar o tamanho dos agregados de PCC.

Uma redução no valor do pH levou a comportamentos distintos do PCC. Em valores de pH entre 10 e 11, o PCC tendeu a se coagular. Em valores de pH entre 8 e 9, o PCC se depositou na superfície do GCC, que foi o objetivo principal desse trabalho experimental.

**Tabela 4** - Resultados de análise de área superficial específica (método BET) das amostras de PCC.

Amostra	Área Superficial Específica (m <sup>2</sup> /g)
Carbital 90 <sup>®</sup>	12,1
Albacar 5970 <sup>®</sup>	6,3
4A9E	20,2
4B9E	19,4
4A11E	19,8
4B11E	19,4
4B10E	20,2
4A11C	19,1
4A11D	31,3
4A8E	23,8

**Tabela 5** - Distribuição granulométrica do PCC.

Amostra	d <sub>50</sub> ( $\mu\text{m}$ )	d <sub>90</sub> ( $\mu\text{m}$ )
Carbital 90 <sup>®</sup>	1,39	14,35
Albacar 5970 <sup>®</sup>	2,99	5,25
4A11E	3,39	18,61
4A11C	7,12	24,42
4B9E	2,66	13,28
4A11D	5,90	18,95
4A8E	4,86	19,47
4A9E	2,88	11,74
4B10E	2,81	13,14
4B11E	3,23	17,86

**Tabela 6** - Resultados de brilho.

Amostra	Valor (%)
Carbital 90 <sup>®</sup>	95,0
Albacar 5970 <sup>®</sup>	95,0
4A11E	80,0
4A11C	81,0
4B9E	82,0
4A11D	81,0
4A8E	84,5
4A9E	81,5
4B10E	82,5
4B11E	82,0



Notou-se, também, que, tanto a diminuição do teor de EDTA, quanto do valor do pH induziram a uma diminuição do tamanho dos agregados de PCC formados. Tal diminuição do tamanho dos agregados não significa, necessariamente, que houve maior deposição de PCC na superfície do GCC, pois não foi possível avaliar a quantidade de agregados formados.

A diminuição na densidade do material obtido se deveu à existência de vazios no interior dos agregados e essa característica pode ser considerada vantajosa para as indústrias de papel e de plástico.

Com relação à área superficial específica, observou-se que os valores encontrados para as partículas obtidas estão dentro do aceitável, tanto pelas indústrias de papel, quanto de plástico.

As análises de brilho obtiveram valores considerados satisfatórios, em torno de 81%, porém inferiores ao valor utilizado pelas indústrias de papel. A redução no brilho se deveu, principalmente, à coloração do GCC utilizado como substrato para a deposição do PCC.

As amostras de PCC obtidas atenderam às necessidades das indústrias de papel no que diz respeito à área superficial específica (entre 6,3 e 12,1 m<sup>2</sup>/g) e à morfologia e não estão distantes dos resultados obtidos para as amostras de referência. Os valores dos parâmetros das

amostras de PCC obtidas nesse trabalho atendem às necessidades das indústrias de plástico.

## 5. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro ao trabalho.

## 6. Referências bibliográficas

- CHONG, T. H., SHEIKHOLESLAMI, R. Thermodynamics and kinetics for mixed calcium carbonate and calcium sulfate precipitation. *Chemical Engineering Science*, v. 56, n. 18, p. 5391-5400, september 2001.
- HOLYSZ, L., CHIBOWSKI, M., CHIBOWSKI, E. Time-dependent changes of zeta potential and other parameters of in situ calcium carbonate due to magnetic field treatment. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 208, n. 1-3, p. 231-240, August 2002.
- LAUFMANN, M. Fillers for Paper; A Global View. In: PTS-Seminar, I, 1998, München. Disponível em: <<http://www.omya.com>>. Acesso em: 17/09/2006.
- OLIVEIRA, F.V. *Processamento de carbonato de cálcio para aplicação nas indústrias de papel e de plástico*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, 2005. 63p. (Dissertação de Mestrado).
- OMYA A. G. Relatórios técnicos de cargas minerais, suas propriedades e aplicações diversas, 2003. Disponível em: <<http://www.omya.com>>. Acesso em: 17/09/2006.
- SHREVE, R. N., BRINK JR., J. A. *Indústrias de processos químicos; indústrias de polpa e papel*. (4ª ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1977. p. 496-509.
- VEIGA, M. M., PASCHOAL, J. O. A. Panorama do setor de materiais e suas relações com a mineração: Uma contribuição para a implementação de linhas de P&D. Rio de Janeiro, CETEM/CNPq, 1991. 126 p.
- WEN, Y., XIANG, L., JIN, Y. Synthesis of plate-like calcium carbonate via carbonation route. *Materials Letters*, v. 57, n. 16-17, p. 2565-2571, May 2003.
- WESTIN, K., RASMUSON, A. Precipitation of calcium carbonate in the presence of citrate and EDTA. *Desalination*, v. 159, n.2, p. 107-118, October 2003.
- XIANG, L., XIANG, Y., WANG, Z. G., JIN, Y. Influence of chemical additives on the formation of super-fine calcium carbonate. *Powder Technology*, v. 126, n. 2, p. 129-133, July 2002.

Artigo recebido em 04/04/2008 e aprovado em 23/01/2009.

**A REM tem novo endereço:  
FUNDAÇÃO GORCEIX - REM  
Rua Carlos Walter Marinho Campos, 57  
Bairro: Vila Itacolomy  
35400-000 - Ouro Preto - MG  
[www.rem.com.br](http://www.rem.com.br)**