

Caracterização da Carboximetilcelulose Comercial

Daniel Guglielmi*, Wenceslau Fernandes das Neves, Alberto Buoso

*Cecrisa Revestimento Cerâmicos S/A,
Av. Manoel D. de Freitas, 1001, 88813-900, Criciúma - SC, Brasil*

**e-mail: guglielmi13@yahoo.com.br*

Resumo: Este trabalho tem por objetivo caracterizar duas CMCs que estão disponíveis para o mercado cerâmico especificamente para a indústria de revestimento cerâmico. Os produtores de CMC normalmente atuam como parceiros no desenvolvimento e ajuste da produção, entretanto, especificam o próprio produto. Desta forma, as análises em escala laboratorial permitirão conhecer este componente tão importante para a cerâmica de modo mais aprofundado, permitindo observar as variáveis desta matéria prima, e a sua influência no processo produtivo.

Palavras-chave: CMC, degradação, esmalte.

1. Introdução

O estudo da reologia é de grande ajuda na preparação de suspensão cerâmica, sejam estas barbotinas, esmaltes ou pastas para serigrafia. Os técnicos cerâmicos enfrentam frequentemente muitas dificuldades por não haver à disposição a instrumentação necessária para a medição e controle reológico: assim na maioria das cerâmicas o copo Ford é o único meio à disposição. Todavia, os conhecimentos das bases da teoria reológica permitem a compreensão das reações do desaparecimento de certos defeitos constatáveis através da simples observação manual. A este ponto, tendo uma mínima informação sobre como os aditivos químicos comuns (CMC, NaCl, TPF) influenciam parâmetros reológicos, é possível chegar à solução dos problemas e ao melhoramento da qualidade.

1.1. Ligantes

A função principal dos ligantes é reter a água e comportarem-se como adesivos.

Os ligantes são muito importantes em monoqueima já que neste processo durante o ciclo de esmaltação, sofre variação em suas dimensões e movimentos respectivos à horizontalidade da peça. Por isto é de vital importância a velocidade de evaporação da água da barbotina que se aplica sobre a monoqueima, visto que se esta evaporação é muito rápida se produzem defeitos e fissuras. Os aglutinantes adicionados neste processo permitem controlar a velocidade com que a água se elimina da suspensão. Os principais aglutinantes utilizados para os esmaltes são polímeros derivados da celulose (como a CMC, carboximetilcelulose de sódio) e de amida. Estes compostos podem ser considerados polímeros hidrossolúveis dotados de numerosas cargas negativas distribuídas ao longo de toda a cadeia. Esta é a causa que favorece a união com moléculas de água, cátions e superfícies sólidas como as fritas, as argilas e o caulim. Com a adição destas substâncias em uma barbotina se podem obter variações tanto na viscosidade, na retenção de água, na floculação e defloculação. De forma simplificada, em uma solução aquosa a interação da água com estes polímeros reduz a possibilidade de que as moléculas de água se movam livremente umas com respeito a outras ao ser aplicadas um esforço de cisalhamento, manifestando-se por um aumento de viscosidade. A capacidade de envolver-se com moléculas de água é também responsável pela retenção da água, que no caso de um esmalte quer dizer aumento de tempo de secagem. Se a cadeia de polímero é bastante longa, a molécula de água unida mediante as cargas se soma as outras que estão envolvidas pela geometria das moléculas. Quanto mais comprida é a cadeia de polieletrólito, tanto maior será o efeito de aumento da viscosidade e de retenção de água.

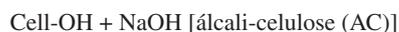
1.2. Carboximetilcelulose sódica (CMC)

A carboximetilcelulose, CMC, vem sendo utilizada no setor cerâmico desde 1947 e na atualidade é o ligante mais consumido no setor. A CMC é utilizado tanto a seco como a úmido, independentemente do que se introduz em adição na moagem. A CMC deriva da celulose, cuja estrutura se mostra na Figura 1. A celulose é uma poli-B-glicopiranosose unida através do C-4 que contém cerca de três mil unidades monoméricas majoritariamente lineares. As cadeias individuais da celulose tendem a alinhar entre si e estão unidas por pontes de oxigênio. Estes anéis podem ser estabelecidos dentro de uma mesma cadeia ou entre cadeias distintas.

A carboximetilcelulose se obtém introduzindo a celulose, que por si mesma não é iônica, ao grupo carboximetil. O número medido destes grupos presentes por unidades monoméricas se define como o grau de substituição, o DS, que unido a sua distribuição regula no comprimento da cadeia é um indicativo do caráter polieletrólito da CMC. (Figura 2)

1.3. Obtenção da carboximetilcelulose

Esquema de reação (Equação 1):



O grau de polimerização, ou DP, representa o número médio de unidades monoméricas constituintes da cadeia de CMC. Este grau de polimerização é um índice de comprimento da cadeia e do peso molecular. A viscosidade que a CMC desenvolve em dissoluções aquosas depende sobre tudo do grau de polimerização. Todos os tipos de CMC que produzidos podem ser classificados com base no conteúdo ativo, na viscosidade em água e grau de substituição. No esmalte de biqueima frequentemente não se utiliza CMC já que este é substituído pela introdução na formulação do esmalte com suficiente matéria prima plástica como argila e caulim. Desta forma se evita a sedimentação dos sólidos e se obtém uma reologia apta para a aplicação como esmalte. Na monoqueima obtida por prensagem a seco, a água do esmalte se não vier devidamente controlada causa a expansão das camadas superiores do suporte dando lugar a curvatura da peça. Considerando que tecnologia de queima rápida e em particular as características estéticas requeridas

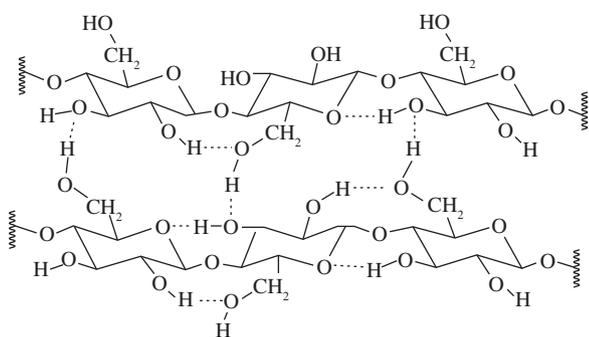


Figura 1. Estrutura da celulose donde se vêm as pontes de hidrogênio entre as cadeias de celulose.

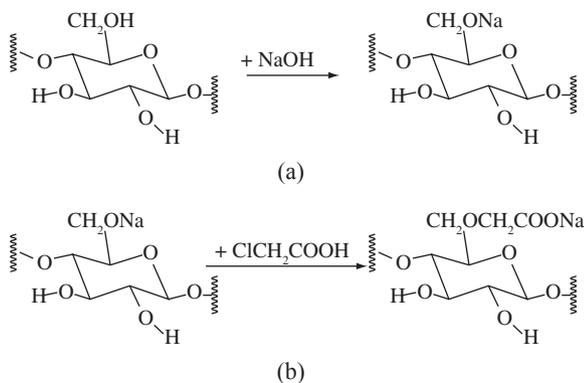


Figura 2. a) Fragmento de uma molécula de celulose; e b) fragmento de uma molécula de Carboximetilcelulose de sódio (CMC).

impedem a introdução na formulação de esmalte de grande quantidade de matéria prima plástica, muitos esmaltes consistem unicamente em fritas com uma adição de caulim ou argila não superior a 5% ou a 7% respectivamente. No caso de esmaltes com aerógrafos para sanitário a situação começa pior, já que o suporte obtido por colagem tolera bem a água, mas como a espessura do esmalte é notável, a secagem rápida tem resultado heterogêneo. Cria-se desta forma um local diferenciado entre o esmalte e o suporte e entre as camadas do esmalte aplicadas sucessivamente, resultando defeitos e gretas que às vezes só se evidenciam na queima. Por sua parte, o esmalte em cru apresenta umas necessidades que se pode resumir nas seguintes situações:

Em primeiro lugar, no depósito da barbotina se deve evitar a sedimentação e a gelificação. Em segundo lugar, para a aplicação se necessita uma reologia adequada visto que no momento crítico em que o líquido passa para o sólido se necessita de uma secagem controlada para não danificar o suporte e permitir a formação de uma camada contínua e regular de esmalte. A CMC apresenta soluções para estes problemas, estas são:

A velocidade de sedimentação vem regulada pela viscosidade apesar de que não é possível aumentar mais de que um certo limite. É obvio que se pode atuar sobre o limite de deslizamento no qual, conforme já indicado, o esforço deve ser superado para que o sistema comece a se comportar como um fluido plástico. Se o limite de deslizamento é suficientemente elevado à força da gravidade não basta para fazer que as partículas sedimentem. A CMC pode modificar o limite de deslizamento e desta forma influir na sedimentação. A CMC em dissolução aquosa apresenta um comportamento newtoniano e ligeiramente pseudoplástico em um amplo intervalo de velocidade de cisalhamento. É possível modificar o tempo de secagem de um esmalte simplesmente modificando o tipo de CMC. A CMC de alta viscosidade tem um maior poder ligante que a CMC de baixa viscosidade, fazendo mais lenta à velocidade de secagem e impedindo

a sedimentação. É importante destacar agora um aspecto não muito conhecido da CMC, o aspecto fluidificante, que tem maior importância nas CMCs de baixa viscosidade. Este efeito pode ser comprovado formulando um esmalte que simplesmente contenha sólidos, água e CMC e evitando os fluidificantes clássicos. Destas características se extrai uma conseqüência muito interessante. Por exemplo, a idéia de preparar um esmalte com tanto fluidificante como é necessário para uma boa moagem e tanta CMC para recuperar logo a reologia adequada, não é todo correto, já que se pode esperar que aumentando a CMC e aproveitando seu efeito fluidificante se terá que adicionar uma quantidade menor de fluidificante. Desta forma se pode conseguir um esmalte com a mesma adaptabilidade reológica, mas com maior estabilidade e menor quantidade de aditivos.

Por hora é simplesmente indicar que estes produtos são bastante estáveis em ambientes secos, em contato com água é favorecido o ataque microbiano sobre os anéis C-O-C de união entre os anéis da estrutura da CMC, dando como resultado a redução do peso molecular médio causado pelas rupturas das cadeias poliméricas e com isso a diminuição da viscosidade, a diminuição do poder adesivo e a aparição de defeitos no aspecto superficial dos esmaltes.

1.4. Estabilidade.

A carboximetilcelulose pode ser seca a 100 °C sem provocar variação de sua característica. Temperatura de ordem de 140-150 °C provoca evaporação da água presente no início de um processo relativamente lento de desenvolvimento. Aumentando a temperatura de desenvolvimento transforma-se mais rápido e sempre seguido da carbonização com desenvolvimento de fumo branco e formação de Na₂CO₃ e pequena quantidade de NaCl. Em torno de 250 °C acontece a autocombustão.

1.5. Inchamento

A carboximetilcelulose é um polímero altamente hidrófilo: a partícula de CMC em contato com a água incha rapidamente na superfície com a formação de uma camada gelatinosa que atrasa a diluição com a água e a chegada ao núcleo da mesma partícula. Para favorecer a dissolução e necessário remover esta camada que esta sujeita à dispersão aquosa com agitação mecânica. A velocidade de dissolução é maior para o produto de grau de substituição mais elevado e o peso molecular mais baixo. Existe, além disso, uma forte dependência desta capacidade de dispersão e de dissolução da dimensão dessa partícula. Se pode em geral afirmar que um produto grosseiro se dispersa melhor, mas se dispersa lentamente, enquanto um produto muito fino se dispersa com mais dificuldade, porém, mais rapidamente. Em cada caso evita ocorrer à formação do aglomerado. Produto granulado é mais utilizado porque é mais facilmente dispersível em condições de escassa agitação: neste caso é necessário, muito mais tempo para obter a dissolução e de qualquer modo nem sempre se tem solução com característica reológica constante e repetível.

1.6. Temperatura

A viscosidade dessa solução de carboximetilcelulose é notavelmente influenciada pela temperatura, aumentando essa última se fornece energia necessária para vencer a força de atração entre diversas cadeias com conseqüente diminuição dessa viscosidade. O fenômeno é reversível e o valor originário da viscosidade é recuperado reportando ao sistema nessa condição inicial de temperatura. Longo período de temperatura elevada pode provocar variação permanente de viscosidade, a causa do fenômeno de despolimerização.

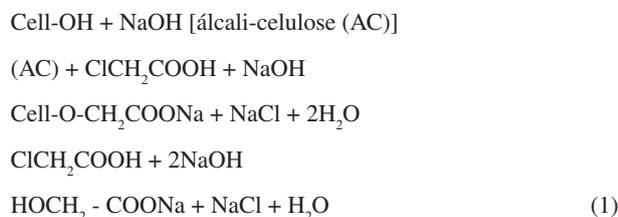
1.7. Agentes químicos

As soluções aquosas de CMC são sensíveis ao ataque de alguns microorganismos que nele provoca uma notável perda de viscosidade. Algumas bactérias são pequenas em grau de produção de enzima, que

age na ligação glicosídica dessa molécula, despolimerizando a CMC, permitindo a utilização de parte da bactéria como fonte de nutrição. O ataque enzimático encaminha preferencialmente naquela zona dessa molécula privada de substituinte caboximetílico, e depois a CMC de mais alto grau de substituinte resulta em maior resistência à degradação. O alto grau de uniformidade do substituinte da CMC reduz ao mínimo a presença da zona atacável facilmente pelas enzimas e lhe rende particularmente resistência ao ataque bacteriano. A facilidade com que se produz uma poluição bacteriana dessa solução de CMC (poluição atmosférica dessa água, presença na formulação de substâncias não estéril, utilização de equipamentos não limpos.) Recomenda-se de qualquer modo à utilização de bactericida quando é pedida uma estabilidade prolongada dessa solução. Ocorre enfatizando em caráter preventivo da ação do bactericida: o tratamento não tem sucesso se efetuado quando já está presente uma contaminação bacteriana.

1.8. Esquema de reação

A carboximetilcelulose (CMC) é produto da seguinte reação de eterificação (Equação 1):



O primeiro estado consiste no tratamento da celulose com álcali ao fim de se obter um substrato suficientemente inchado e acessivelmente reativo.

O segundo é uma reação de eterificação entre álcali-celulose e ácido monocloroacético (AMCA) com formação de cloreto de sódio que é subproduto.

A terceira reação ilustra a formação colateral de glicolato de sódio. A condição de reação deve ser escolhida de modo de limitar a perda de eficiência do processo de eterificação que tal reação comporta.

A CMC técnica contém depois uma quantidade variável de:

- Cloreto de sódio (maior é o grau de substituição, maior é a quantidade de NaCl presente).

2. Procedimento Experimental

2.1. Viscosidade

A viscosidade foi medida utilizando o viscosímetro tipo Brookfield RVT, marca Sincrolector, com as hastes 1, 2, e 3, sendo que sua rotação foi constante e padronizada de 20 RPM. Cada amostra continha 300 mL de água e era adicionado de 0,30% até 2,70% de CMC, e agitada em agitador elétrico, marca Servitech, modelo GT 023, após o tempo para desagregar as partículas de CMC, que foi de 3 minutos medidos em cronômetro, era medida a viscosidade, em centipoise (cP), para cada percentual, há uma temperatura ambiente de 25 °C. (Tabela 1).

2.2. Degradação

Para executar o ensaio de degradação foram colocados 300 mL de água em cada recipiente de plástico e adicionado gradativamente 8 g de CMC pesados em uma balança eletrônica Marte, modelo PM 4600, e agitado com agitador elétrico, marca Servitech, modelo GT 023 com temperatura ambiente de 25 °C por um período suficiente para desagregar todo material. Este tempo foi de 3 minutos. Após foi tampado datado e colocado um recipiente em temperatura ambiente e outro em temperatura de 20 °C. A cada dez dias era observado visualmente se a CMC começava a degradar ou se liberava algum odor,

e agitada por um tempo de 2 minutos e medida a sua viscosidade no viscosímetro Brookfield RVT.

2.3 Poder de inchamento

Foi colocado 100 g de CMC de cada amostra, pesados em uma balança eletrônica Marte, modelo PM 4600, em recipientes de plástico de 2 L separados e adicionado 100 mL de água em adições periódicas de quatro em quatro dias até a saturação total do pó em temperatura ambiente.

2.4. Determinação do pH

O pH foi determinado usando o equipamento pHmetro Minipa, modelo MPH-1000, em que foi diluído em solução 1% CMC em água deionizada. Este processo se deve a necessidade de saber a condutividade elétrica das partículas de CMC em meio aquoso.

2.5. Resistência química

Os resultados de degradação química foram obtidos com a utilização de silicato de sódio como agente químico, pesados em uma balança eletrônica Marte, modelo PM 4600, e logo depois de colocados em um recipiente de plástico com 300 mL de água e CMC 1 e outro recipiente com CMC 2, já homogeneizadas em agitador elétrico, marca Servitech, modelo GT 023. Após isso, foi tampado, e colocado o recipiente em temperatura ambiente (Tabela 2).

2.6. Resistência mecânica

Para se obter os valores do poder de pega das CMCs, elegeu-se como matéria-prima o caulim branco lavado, malha #200, por ser um material puro e não-plástico. A mistura da CMC e do caulim foi feita proporcional ao peso. Sendo que foram feitos 10 corpos de prova para cada formulação conforme Tabela 3. Foi utilizado uma forma, uma colher e uma balança para a mistura, e para a prensagem uma prensa hidráulica manual com pressão de 210 kgf.cm⁻². Utilizou-se para realizar a medida de resistência mecânica o equipamento Emic DL 10000, com distância entre os apoios de 1 cm para cada lado do corpo de prova e velocidade de 10 N.s⁻¹.

2.7. Granulometria

Foi utilizado o granulômetro Granutest para o ensaio de análise granulométrica, em que o tempo de ensaio levou 20 minutos, a CMC 1 e 2 foram pesadas em uma balança eletrônica Marte.

Tabela 1. Formulação CMC 1.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Água (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
CMC (%)	0,30	0,70	1,00	1,30	1,70	2,00	2,30	2,70

Tabela 2. Formulação.

	CMC 1	CMC 2
Água	100%	100%
CMC	0,20%	0,20%
Silicato	0,90%	0,90%

Tabela 3. Formulação dos corpos de provas.

Formulação	Caulim lavado (%)	CMC 1 (%)	CMC 2
1	92	8	-
2	88	12	-
3	92	-	8
4	88	-	12

2.8. Microscopia óptica

Para analisar as CMCs em microscópio, as mesmas foram levadas para o IPAT, onde foram adicionados 2,7% de cada amostra de CMC em dois recipientes de plástico contendo 300 mL de água cada um, foram agitados e colocados em um microscópio estéreo com aumento de 40 vezes, e tirado uma fotografia para cada amostra de CMC com a ajuda de uma filmadora acoplada ao microscópio.

2.9. ATD (análise térmica diferencial)

A análise térmica da amostra foi feita no IPAT, com o intuito de se verificar em qual temperatura a amostra libera ou absorve energia demonstrando sua decomposição. Foram preenchidos dois orifícios da haste com material inerte, a alumina, em que os termopares ficam no fundo e vão calcular a variação de massa da amostra que esta no outro orifício. Fecha-se e começa a aquecer conforme determinado pelo programa, que vai captando as variações. A velocidade de aquecimento foi de 7,3 °C/min até chegar em 400 °C.

3. Resultados e Discussão

3.1. Viscosidade

A CMC 1 conforme pode ser visualizado na Figura 3, mostrou ter uma constância na sua viscosidade até as 2%, após isso ela aumentou bruscamente a sua viscosidade dando um salto de 1000 cP para 4290 cP com apenas 0,30% a mais de CMC na solução. O que leva a crer que se ultrapassado certo limite de CMC na moagem ele pode aumentar violentamente a viscosidade, além de que para os mesmos percentuais a CMC 1 apresentou maior eficiência com relação à CMC 2.

A CMC 2 conforme Figura 4, mostrou uma curva crescente e constante de sua viscosidade, sendo que seu aumento mais brusco foi de 2% para 2,7% em que pulou de 940 cP para 2850 cP, bem menor que relacionado à CMC 1. Esta CMC mostra que seu aumento de eficiência é gradativo conforme é adicionada na moagem, ou seja, pode-se prever uma viscosidade ótima para o esmalte com uma certa quantia desta CMC.

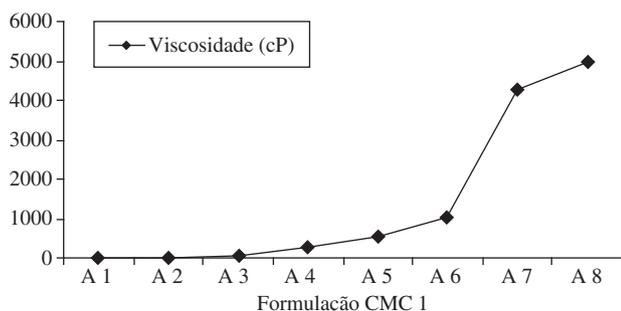


Figura 3. Gráfico de viscosidade CMC 1.

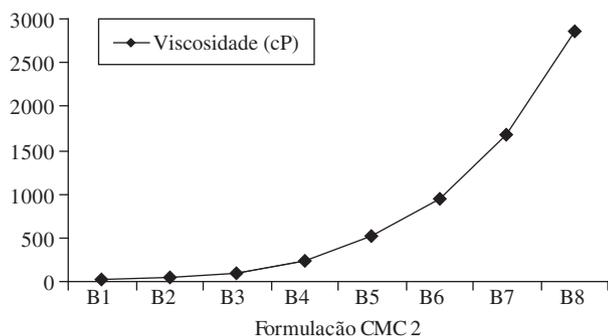


Figura 4. Gráfico viscosidade CMC 2.

Este aumento de viscosidade se deve ao aumento da concentração de CMC na solução aquosa. A água quebra as ligações, ou seja, ela diminui a concentração de CMC, distanciando as partículas poliméricas e baixando o peso molecular, isso faz com que a velocidade da haste do viscosímetro encontre menos resistência ao fluxo, o que dará um valor de viscosidade maior ou menor de acordo com o percentual de água na solução aquosa. Essa quebra na concentração ocorreu nos dois casos, porém no caso da CMC 1 ocorreu o inverso, houve uma saturação da quantidade de CMC na solução aquosa que elevou o valor de viscosidade a um nível bem alto com apenas 0,30% de CMC a mais na solução aquosa.

3.2. Degradação

Quanto à degradação, nos dias em que a CMC foi observada, não apresentou alterações visuais, tais como crescimento de fungo ou algo deste gênero, nem liberou odores diferentes proveniente de sua decomposição. Porém sua viscosidade de acordo com as Figuras 7 e 8 caiu normalmente como se esperava devido à degradação natural da CMC. Devemos ressaltar que na segunda medição da CMC 2 ocorreu o aumento da viscosidade, diferente do que se previa, isso se deve ao fato que na CMC 2 existem mais partículas de pó não-dissolvidas por ser pulverulenta como mostra as Figuras 5 e 6 do microscópio, então ao invés de cair, a viscosidade aumentou porque estas partículas se dissolveram na matriz quando sofreu a agitação antes de medir a viscosidade. As medidas de viscosidade eram feitas a cada 12 dias.

3.3 Poder de inchamento

A CMC 1 de acordo com a Figura 9, aumentou seu volume em 83,05% e a CMC 2 68,91 %, a quantidade de água foi a mesma para os

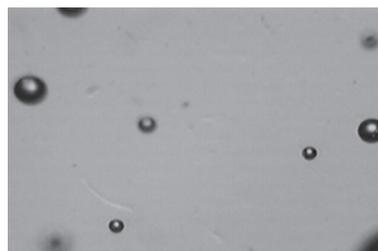


Figura 5. Foto da CMC 1 realizada em microscópio.

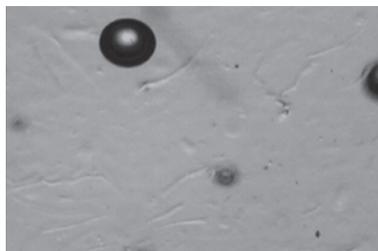


Figura 6. Foto da CMC 2 realizada em microscópio

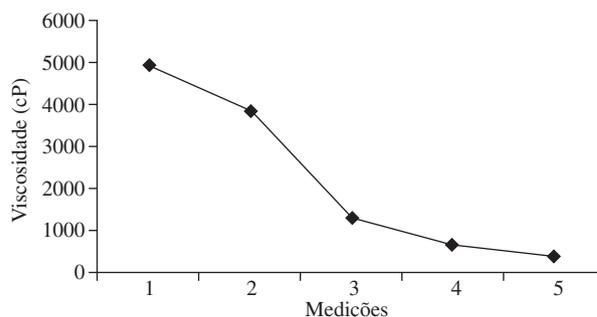


Figura 7. Viscosidade de CMC 1.

dois, 450 mL de água, porém a CMC 1 tem característica física diferente da CMC 2 (Figura 12), é granulada, consequentemente ocupou menos espaço no recipiente. O fato é que CMC com granulometria grossa dispersa melhor do que com granulometria fina. A água forma uma camada gelatinosa em redor da partícula o que atrasa a dissolução da partícula, ou seja, a água tem um espaço maior para chegar ao núcleo da partícula e formar uma matriz gelatinosa. No caso da CMC 1 (Figuras 10, 11 e 12) se dispersou conforme comentado, mas não dissolveu todas as partículas, observe que existe uma pequena quantidade de partículas não diluídas na parte de cima e no meio, e no fundo do recipiente existe bolhas. Essas bolhas são caracterizadas os pontos pretos nas figuras.

Já a CMC 2, de acordo com a Figura 13 é pulverulenta, ocupando mais espaço no recipiente, sua dispersão deveria ser mais lenta porque tem mais partículas para a água molhar, e isso ocorreu, sua dispersão foi um pouco maior que a CMC 1 (Figura 9), mas por ter uma granulometria mais fina, o diâmetro da partícula é menor, então a água tem um espaço menor para chegar ao núcleo da partícula, teoricamente a sua dissolução seria mais rápida, e a formação de uma matriz gelatinosa estaria completa mais rapidamente. Mas de acordo com as Figuras 14, 15 e 16 do microscópio, existe um excesso de CMC por diluir, a água formou a camada gelatinosa, mas não teve força para chegar ao núcleo, o que leva a crer que seria necessário mais água e mais tempo para a mesma chegar ao núcleo das partículas, visto que a olho nu não dá para perceber essa diferença. As fotos mostram as

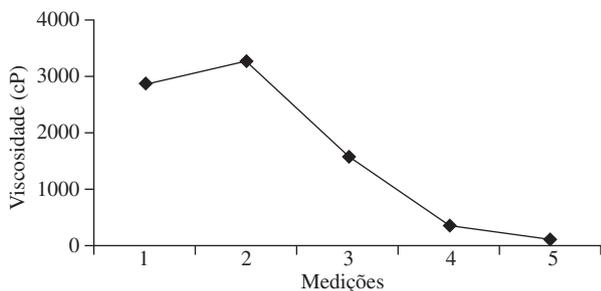


Figura 8. Viscosidade da CMC 2.

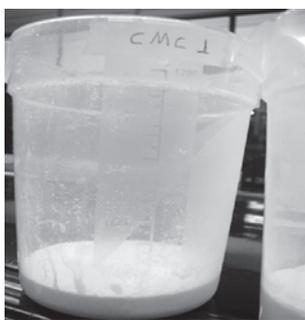


Figura 9. CMC 1 em pó.

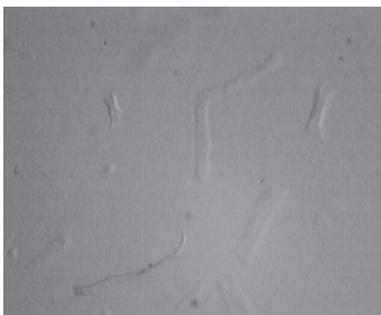


Figura 10. CMC 1 em cima do recipiente.

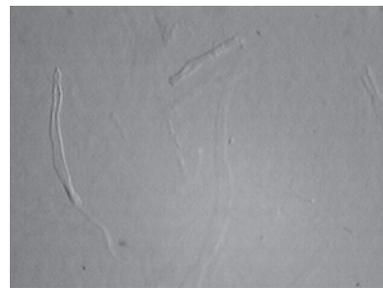


Figura 11. CMC 1 no meio do recipiente.

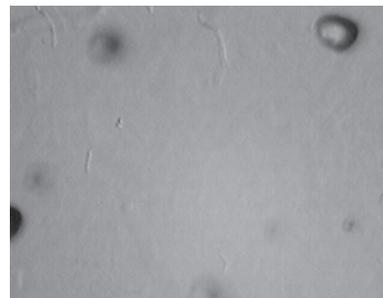


Figura 12. CMC 1 no fundo do recipiente.

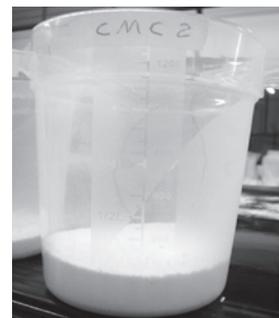


Figura 13. CMC 2 em pó.



Figura 14. CMC 2 em cima do recipiente.



Figura 15. CMC 2 no meio do recipiente.

partículas que não se dissolveram e como no caso anterior, no fundo do recipiente também se constatou bolhas.

3.4 Determinação do pH

O valor do pH ficou dentro do previsto, sua condutividade elétrica esta dentro dos padrões aceitáveis. Para a CMC 1 a condutividade elétrica em 8, já o CMC 2 tem condutividade 10.

3.5 Resistência química

Este método permitiu averiguar a resistência que a CMC tem diante de um agente químico, neste caso o agente químico é o silicato de sódio. Como mostra no gráfico a adição de silicato na CMC 1 fez com que houvesse perda de sua viscosidade, o que demonstra que o silicato atacou as cadeias poliméricas da CMC, quebrando sua estrutura. A CMC 1 mostrou ser sensível ao ataque químico, logo na primeira medição da viscosidade como mostra a Figura 17, seu valor foi bem abaixo do que a amostra sem silicato de sódio, após a segunda medição da viscosidade novamente a viscosidade caiu bruscamente. A CMC 2 mostrou um comportamento diferente, na primeira medição como mostra a Figura 18, sua viscosidade foi menor se comparado com a amostra sem silicato de sódio, mas na segunda medição a amostra aumentou o valor, isso se deve à CMC que não estava diluída completamente na solução, pois a mesma precisava de certo tempo para que a água conseguisse chegar ao núcleo das partículas, desta forma quando agitada a concentração de água, CMC e silicato de sódio, aumentaria a viscosidade, pelo fato de que ainda existia CMC para se homogeneizar na solução. Supõe-se que o silicato de sódio não conseguiu atacar estas partículas por que as mesmas estariam protegidas pela camada gelatinosa que se formou com a agitação da amostra, somente após a homogeneização desta amostra o silicato teve sua ação efetiva.

3.6 Resistência mecânica a verde

A resistência mecânica a verde foi calculada prensando caulim com CMC, pois foi observado que o caulim puro com a umidade de 2,4% tinha sua prensagem quase impossível, pois o corpo de prova tinha baixíssima resistência mecânica ao sair da prensa, além de que a alumina pura nas mesmas condições nem se quer conseguia-se retirá-la da cavidade da prensa, a mesma se desmanchava, sendo desconsiderada (Tabela 4).

O aumento da resistência mecânica das formulações 3 e 4 se deve ao fato de a CMC 2 ter uma umidade maior e uma granulometria menor em relação à CMC 1, conforme evidenciado no ensaio granulométrico. Podemos observar que existe uma concentração maior de partículas finas, o que contribui para uma melhor compactação do corpo de prova (Figura 19).

3.7 Microscopia óptica

A CMC depois de diluída em água vista a olho nu, parece que está totalmente dissolvida em sua matriz líquida, mas se observada em microscópio se nota que existe grumos de CMC que não foram dissolvidos, dispersos no meio.

A CMC 1 mostrou que foi praticamente toda diluída, isso se deve a facilidade das partículas de CMC com granulometria mais grossa de absorver a água. Para a CMC 2, observa-se que tem uma maior quantidade de pequenos grumos, pelo fato da distribuição de partícula ser maior, então precisa de mais tempo de agitação para dissolver a CMC, sendo que a água em contato com CMC forma uma camada gelatinosa ao redor da partícula e impede que água chegue a ao núcleo dessa partícula. A dissolução no mesmo deve influenciar na viscosidade com futuras agitações, como visto no ensaio de viscosidade.

Industrialmente uma moagem em moinho de bolas isso não será problema, pois terá tempo suficiente para sua dissolução. As bolhas

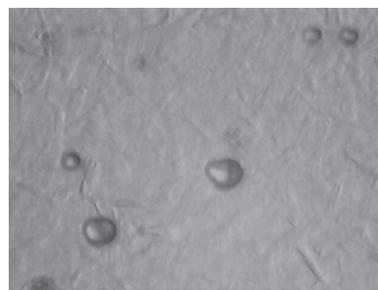


Figura 16. CMC 2 no fundo do recipiente.

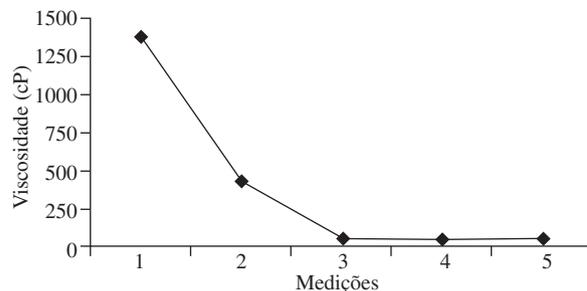


Figura 17. CMC 1 com silicato de sódio.

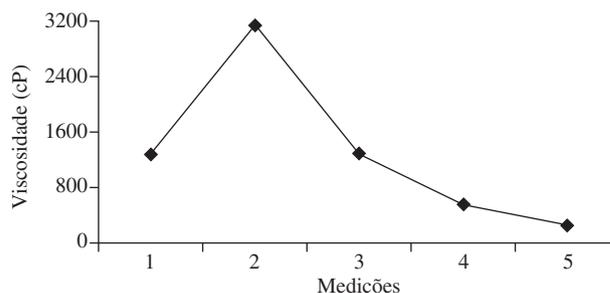


Figura 18. CMC 2 com silicato de sódio.

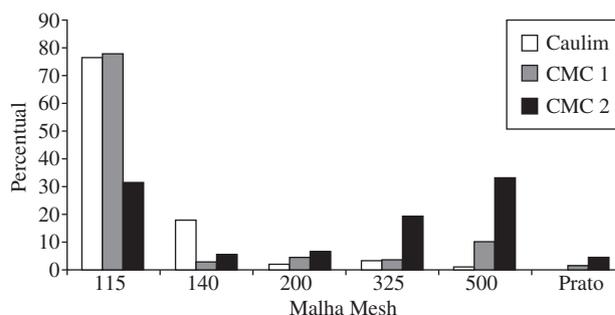


Figura 19. Análise granulométrica.

Tabela 4. Resultados da resistência mecânica (média).

Formulação	1	2	3	4
Resistência mecânica (kgf.mm ⁻¹)	0,2415	0,2395	0,4005	0,4264

de ar são decorrentes da tensão superficial da solução a qual permite a entrada de ar pela haste do agitador e a mesma não consegue retirar o ar que se impregnou nas partículas de CMC. (Figuras 20 e 21).

3.8. ATD (análise térmica diferencial)

A Análise Térmica Diferencial mostrou que as duas CMC têm a mesma temperatura de decomposição. O que diferenciou uma análise para outra foi a temperatura em que a água evaporou, sendo que a CMC 1 reteve um pouco mais a água. Provavelmente por ter uma distribuição de partícula grossa, então a água que está no centro das partículas demora um pouco mais para migrar para a superfície dos grânulos. Figuras 22 e 23.

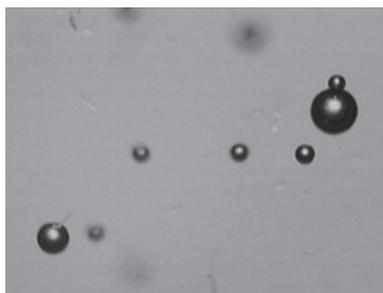


Figura 20. CMC 1.

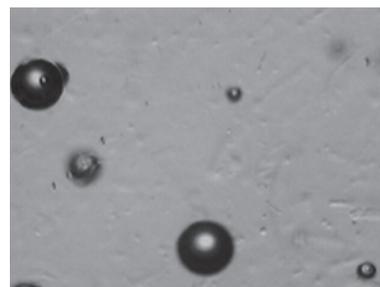


Figura 21. CMC 2.

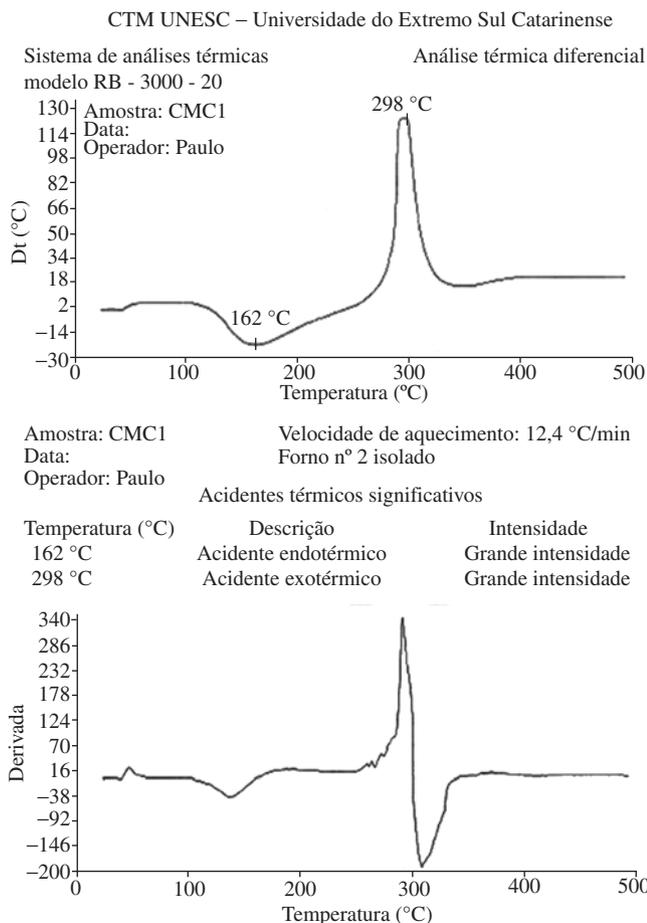


Figura 22. Análise Térmica Diferencial da CMC 1.

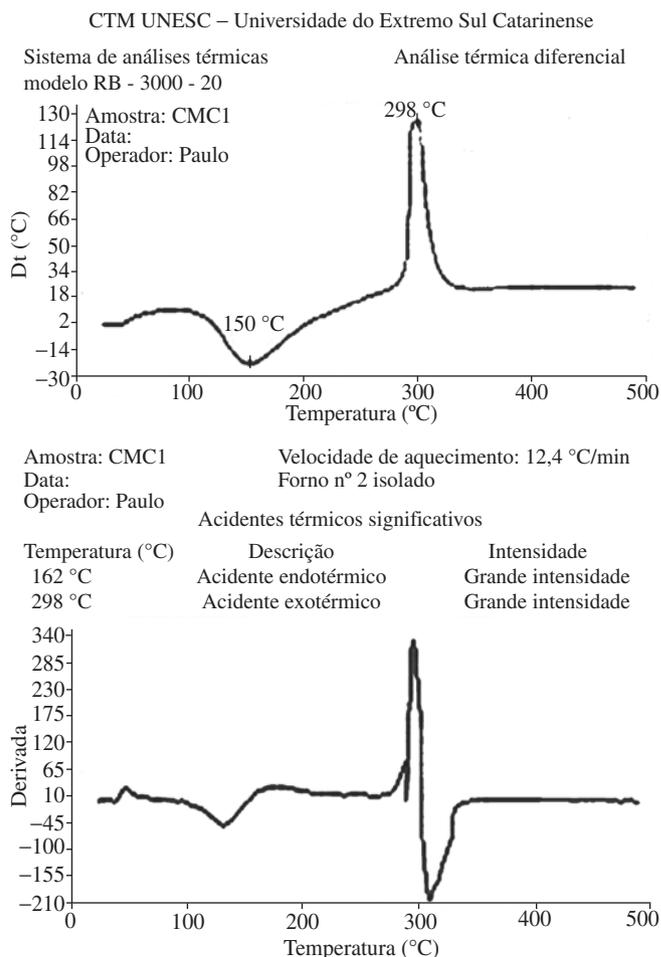


Figura 23. Análise Térmica Diferencial da CMC 2.

natural, já a CMC 1 é mais eficiente quanto à viscosidade e poder de inchamento. Devemos levar em consideração que também apresentou uma grande possibilidade de uso na cerâmica vermelha. Tendo em vista que apresentou bons resultados quanto à resistência mecânica, o que pode trazer ótimos benefícios se utilizados na extrusão de argilas arenosas. Por fim, não foi levado em consideração o preço das CMCs, apenas as suas características.

Referências

1. Alberro J.L. A et al. **Defeitos de Fabricación de Pavimentos y Revestimientos Cerâmicos**. Valencia: Instituto de Tecnologia Cerâmica. AICE, 1991.
2. Anônimo. **Produtos Químicos para Indústria Cerâmica**, 2001
3. Biff, G. Tradução: Geol. Jaime Pedrassami. **Defeitos de Fabricação das Placas Cerâmicas**. 1. ed. Rio Claro: Faenza Editrici do Brasil LTDA, dez. 2002.
4. Anônimo. **Carbocel CMC Purificada**, 2003.
5. Mano E. B. **Polímeros como Materiais de Engenharia**. 1. ed. 2. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2000.
6. Muñoz L. S.; Castello J.B.C. **Matérias Primas e Aditivos Cerâmicos**, v. 2. 1. ed. Castellón: Ed. Faenza, 2003.
7. Anônimo. **Comportamentos Reológicos dos Esmaltes**, 2001.
8. Péres E. A. Apontes de Esmaltes y Colores Cerâmicos. Valenciana Generalitat, Conselharia de Cultura, **Educação e Ciência**, Valencia, 1991.