

‘Bentonitas: o que elas são e como podem ser usadas pelas indústrias de celulose e de papel’

Beatriz Vera Pozzi Redko - Redko Consultores Associados S.C. Ltda. - São Paulo - Brasil

Resumo:

As bentonitas são filossilicatos do grupo das caulinitas, subgrupos das smectitas, constituídas principalmente do mineral montmorilinita, que possuem uma estrutura de séries de três camadas, separadas por cations hidratadas e moléculas de água orientadas, que incham e se delaminam na presença da água. As lâminas das bentonitas tem uma grande capacidade de formar coloides e de flocular em condições adequadas. As lâminas apresentam também características reológicas usadas na indústria de petróleo, em perfurações geológicas e em ligantes para a indústria de fundição. Elas são bons selantes para lagoas e canais e adsorventes de proteínas eficientes nas indústrias de bebidas. As bentonitas podem trocar cations e adsorver compostos orgânicos e inorgânicos existentes na água e em solventes orgânicos. São nanopartículas muito eficazes, usadas tanto na indústria de celulose e papel como na elaboração de nanocompostos inteligentes. Experimentos mostram que o uso da bentonita economizou peróxido de sódio em branqueamento de celulose TMP e TCF de pinho e economizou quelante (DPTA). É relatado o desempenho das bentonitas em duas fábricas brasileiras de papel tissue. São descritos resultados do uso da bentonita na adsorção de coloides existente em licores sulfato de lixívia de eucalipto e de pinho e na fabricação de pasta mecânica. É discutida a drenagem e a floculação de celulose com o nanomineral. São consideradas as semelhanças e diferenças estruturais dos filossilicatos bentonita e talco na eliminação de pitch, stickies e impurezas em fábricas de celulose e papel. Apesar do talco ter características mais fortemente hidrofóbicas do que a bentonita e adsorver muito mais compostos hidrofóbicos por unidade de área superficial, como a área total de lamelas correspondente a uma grama de bentonita é muito maior do que a correspondente a uma grama de talco, para o mesmo peso de cada mineral a bentonita irá adsorver um maior peso de compostos hidrofóbicos do que o talco.

Bentonitas camadas delaminação lamelas coloides nanominerais adsorção metais pitch hidrofóbico

Abstract

Bentonites are phyllosilicates of the clay group and of the smectite sub group, mainly constituted by the mineral montmorillonite. Bentonite has a peculiar three layer structure series, separated by hydrated cations and by oriented water molecules. The layers swell and delaminate in presence of water. The bentonite lamellae have a great facility for colloid formation and for flocculation in adequate conditions. The lamellae also present rheological characteristics used on the petrol industry, on geological perforations, and on ligands for foundry. They make good sealing for lagoons and channels and they are efficient adsorbents on the beverage industry. The bentonites can exchange cations and they can adsorb organic and inorganic compounds from the water and from organic solvents. Bentonites are very effective nanoparticles, used as in the pulp and paper industry as in the manufacture of intelligent nanocompounds. Experiments demonstrated that the use of bentonite saved hydrogen peroxide on TMP and TCF bleaching of Pinus spp, as well as it saved chelant (DPTA). It is reported the performance of the bentonites on two Brazilian recycled bleached tissue mills. The results of the use of bentonite on the adsorption of the colloids from the eucalyptus and pine sulphate black liquor, as well as from the pine TMP are reported. The flocculation and the drainage with the nanomineral is discussed. Structural similarities and differences among the bentonite and talc phyllosilicates are considered on the elimination of pitch, stickies and impurities at pulp and paper mills. Talc has stronger hydrophobic characteristics than bentonite and talc absorbs far more hydrophobic compounds by surface area than bentonite. However, as the total surface area of the lamellae contained on one gram of bentonite is far bigger than the surface area correspondent to one gram of talc, bentonite will adsorb a bigger weight of hydrophobic compounds per gram than the weight of hydrophobic compounds per gram that talc will adsorb.

Bentonite layer delamination lamellae colloids nanominerals adsorption metals pitch hydrophobic

1. Bentonitas: o que são e quais as suas propriedades (1 a 7)

As bentonitas são minerais: filosilicatos. Filosilicatos são minerais formados basicamente por folhas (filos) paralelas de silicatos hidratados de alumínio, magnésio ou ferro. Entre os filosilicatos estão o caulim, o talco, a pirofilita, a clorita, a vermiculita e a mica. Os filosilicatos são classificados em grupos pelas suas semelhanças em estrutura e em composição química. As bentonitas estão classificadas no grupo das caulinitas, sub grupo das esmectitas. Dentre as esmectitas encontra-se a montmorilonita, que é a bentonita propriamente dita, a nontronita, a beidelita, a hectorita e a saponita. O nome montmorilonita provém de uma ocorrência do mineral em Montmorillon, na França. O nome de bentonita vem de uma outra ocorrência do mineral em Fort Benton, em Wyoming, nos Estados Unidos.

As bentonitas tem sido usadas desde o século passado pela indústria de celulose e de papel para a melhoria da qualidade de seus produtos e do desempenho dos equipamentos.

Os microcristais das bentonitas são únicos. Eles são constituídos pelo empilhamento de camadas lamelares de silicatos metálicos hidroxilados. Essas camadas compreendem três sub camadas: uma subcamada tetraédrica de silício, uma subcamada di-octaédrica de alumínio e outra camada tetraédrica de silício. Durante a formação geológica das bentonitas ocorre uma substituição isomórfica de parte do Al^{3+} por Mg^{+2} na subcamada octaédrica. Essa substituição isomórfica gera um desbalanceamento entre as cargas iônicas positivas e negativas da estrutura da lamela. A neutralidade elétrica de cada camada é restaurada pela introdução de cations metálicos hidratados entre as lâminas 2:1 da bentonita. A bentonita é denominada bentonita sódica se os cations neutralizantes forem Na^{+} , e é denominada bentonita cálcica se a maioria dos cations neutralizantes for Ca^{2+} .

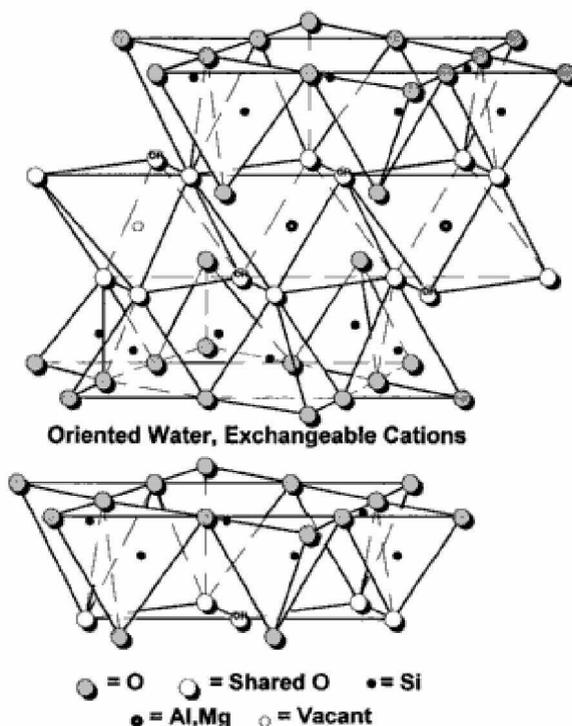


Figura 1 – Estrutura cristalina da bentonita: uma camada de tetraedros de silício, uma camada de octaedros de alumínio e magnésio, uma camada de tetraedros de silício. A presença do magnésio causa um desbalanço iônico compensado pela introdução de cations trocáveis de Ca^{2+} e/ou Na^{+} entre as lamelas 2:1. Entre as lamelas também existe água orientada (4-Ciullo, 1996).

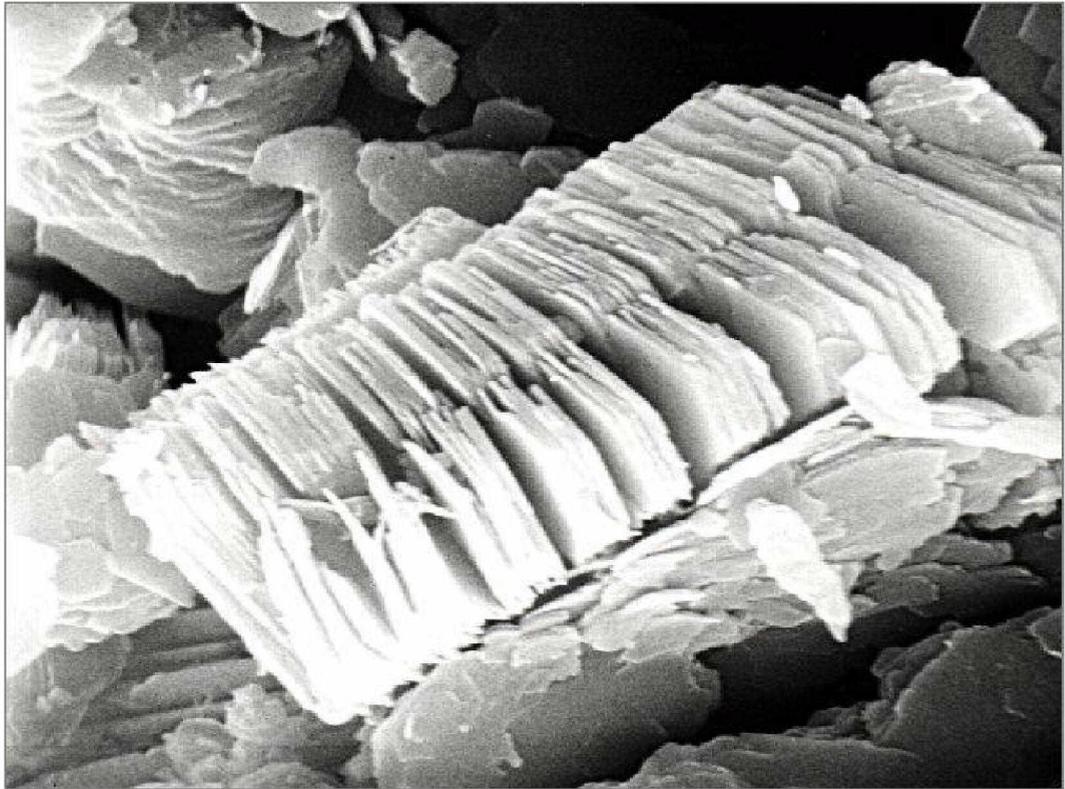


Figura 2 – Microfotografia em microscópio eletrônico de um microcristal de bentonita. As 'folhas' são as camadas 2:1 do filossilicato, de ~1 nanometro de espessura individual. (33 - Arquivos, Süd Chemie, 42, 45, 46)

Além dos cátions trocáveis sódio e cálcio, o espaço entre as camadas 2:1 das bentonitas é ocupado por camadas de água interlamilar orientada. Essa água entre as camadas na estrutura do cristal de bentonita permite que haja delaminação hidráulica. Quando a bentonita sódica é imersa em água pode inchar até 10 vezes o seu volume e incorpora camadas de água suficientes para vencer a atração fraca que existe entre as camadas, que acabam se separando. As bentonitas sódicas apresentam estrutura coloidal quando dispersas em água.

As bentonitas sódicas são usadas como agentes reológicos devido a estrutura que as suas partículas delaminadas coloidais formam na água.

As bentonitas cálcicas incham até 3 vezes o seu volume com a adsorção de água, mas não atingem a delaminação completa porque os seus cations maiores mantem a estrutura ligada. A capacidade de inchamento da bentonita cálcica é melhorada com soda cáustica, trocando-se íons de cálcio por íons de sódio, originando a bentonita sódica sintética. A bentonita sódica sintética também delamina na água, de maneira semelhante a bentonita sódica natural. Apresentam também estrutura coloidal quando dispersas na água.

A dispersão das lamelas da bentonita em água pode levar a completa individualização das lamelas. As lamelas tem espessura de 1 nm e fator de forma de até 1:1500 (42, 45, 46).

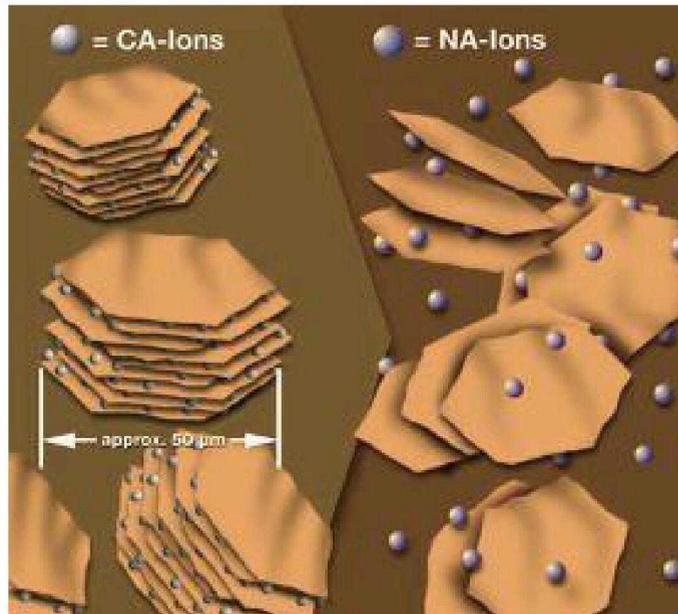


Figura 2 – Esquema da hidratação de bentonitas cálcicas (esquerda) e de bentonitas sódicas (direita). Na bentonita cálcica a água penetra nas lamelas e incha a bentonita. A estrutura permanece. Na bentonita sódica a água penetra entre as lamelas e elas vão se separando gradualmente. Fonte: 33-Site Süd Chemie

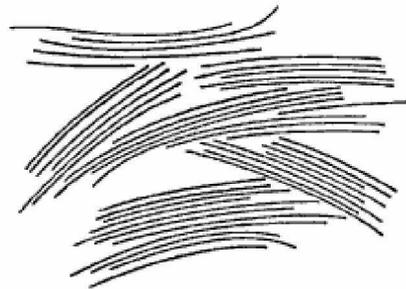


Figura 3 – Visão esquemática das partículas da bentonita sódica antes da delaminação completa (Lagaly e Malberg, 1990 in Ref 1)

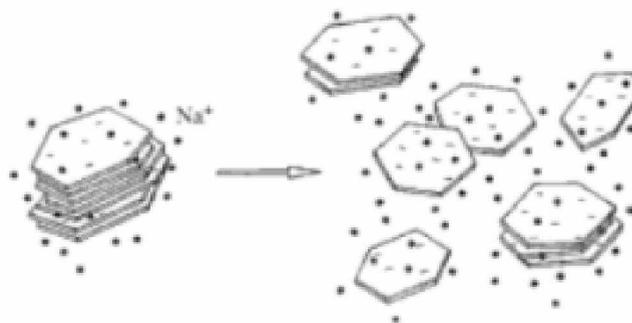


Figura 4 – Desarticulação (delaminação) das partículas das bentonitas sódicas em dispersões aquosas (Jasmund e Lagaly, 1993, in ref 1)

As bentonitas podem adsorver outros compostos polares diferentes da água e irão aceitar outros cations, inorgânicos e orgânicos, em troca de seus cations. Essa propriedade as capacita a ser tornar adsorventes e agentes reológicos em sistemas aquosos e não aquosos.

As bentonitas podem ser ativadas por ácidos dando origem a extensas áreas de adsorção para compostos orgânicos em toda a sua estrutura.

As bentonitas podem também ser ativadas com cátions orgânicos hidrofóbicos: é a ativação orgânica.

A superfície da bentonita tem características hidrofílicas, devido a seus cations hidratados, e hidrofóbicas, devido a área de siloxano existente em sua superfície na região entre os seus cations hidratados (7, 45, 46).

As principais características da bentonita são a suas partículas colidais pequenas, os seus cristais lamelares finos(1 nm de espessura), a sua alta superfície específica, a sua elevada densidade de carga e a sua capacidade para a troca de cátions. Quando a bentonita está dispersa a carga aniônica fica nas faces superior e inferior e a carga catiônica fica nas bordas. Algumas propriedades das bentonitas podem ser modificadas de acordo com a origem da bentonita e o tratamento sofrido pelo mineral. As modificações são feitas com o objetivo de adequar a agregação dos cristais e os cations trocáveis presentes ao uso final projetado.

As bentonitas podem ser planeadas e adaptadas para diferentes usos finais.

Qualquer adaptação ou alteração do comportamento da bentonita se dá na estrutura da camada cristalina e tem uma dimensão nanométrica. Os fenomenos que ocorrem com a intervenção das bentonitas pode ser considerado fenomenos de nanotecnologia: a camada ativa tem uma dimensão de 1 nm e as bentonitas podem reagir com o meio onde atuam camada a camada.

Pesquisas mostram que a vida na terra surgiu provavelmente pela adsorção dos primeiros compostos orgânicos pelas bentonitas, consequência também de sua capacidade de adsorção de compostos orgânicos e inorgânicos (10, 27, 28, 29, 30, 31). As bentonitas fazem parte da mitologia e da tradição de todos os povos e do conhecimento dos shamans. Os animais das selvas sabem que as bentonitas são importantes para a sua vida e saúde.

As propriedades das bentonitas sódicas naturais ou ativadas as tornam bons agentes reológicos na indústria de petróleo e para perfurações geológicas, bons ligantes para a indústria de fundição, bons selantes para lagoas e canais, adsorventes de proteínas eficientes nas industrias de bebidas.

As bentonitas sódicas tem grande capacidade de floculação com polímeros catiônicos como CPAM, PDADMAC, PEO, PEI, amido catiônico e outros (46).

Além disso, podem ser usadas na adsorção de metais pesados e de coloides em tratamentos de água e de efluentes (1, 26, 34, 36, 37).

A capacidade que as bentonitas tem para adsorver compostos orgânicos as torna fixadores eficazes para pesticidas no solo (9).

A bentonita cálcica é um bom adsorvente para íons em solução, para gorduras e para de óleos. É a matéria prima da bentonita sódica sintética. Um uso importante da bentonita cálcica é como areia sanitária para gatos. Ela adsorve o líquido e o cheiro e forma blocos que podem ser separados do resto do material(1, 2, 4). A população de gatos do mundo continua em crescimento.

As bentonitas também são usadas como adsorvedoras de toxinas na alimentação animal (1, 4).

A alta área de adsorção das bentonitas ativadas por ácidos é utilizada na purificação de alimentos, no tratamento de bebidas e em processos catalíticos.

As bentonitas organicamente ativadas são usadas nas indústrias de tintas e pigmentos, na preparação de compostos inteligentes (nanotecnologia), na indústria de cosméticos, e na indústria de selantes e de graxas. São também utilizadas na adsorção de poluentes fenólicos e perigosos em resíduos e em efluentes (38).

Muitos nanocompostos tem sido desenvolvidos com base na bentonita. Com as suas lamelas finas (1 nm) e fator de superfície de até 1500 elas são os componentes ideal para nanocompostos orgânicos porque confere rigidez, resistência e facilidade de formação a matriz do nanopolímero (42).

2. Bentonitas: algumas propriedades de interesse para a indústria de celulose e papel

Propriedades das bentonitas que as tornam agentes auxiliares úteis para o bom desempenho dos processos na indústria de celulose e papel constam da tabela 1.

Tabela 1 – Valores típicos de propriedades de bentonitas adequadas para o uso em celulose e papel

Alvura Iso %	70-90
Capacidade de troca de cations	60-120 meq/100g
Carga aniônica – pH 5	~100 μ equiv/g
pH – solução a 5%	10
fator de forma	20-50 sêca até 1500 dispersa
superfície específica	40-80 m ² /g seca até 800 m ² /g dispersa
Teor de umidade	8%

Fontes: 1, 2, 3, 5, 33, 42

A capacidade das bentonitas de troca de cations metálicos (1, 2, 6, 26, 34, 36, 39) pode ser usada nos branqueamentos de pasta TMP de Pinus taeda com peróxido de hidrogênio. Tanto as bentonitas cálcicas quanto as bentonitas sódicas sintéticas absorveram os metais existentes na celulose, resultando em um ganho final de 3 pontos de alvura e uma economia de 5% de peróxido de hidrogênio. A turbidez da água branca diminuiu de 70% e a viscosidade final da celulose, aumentou (20-Relatório Universidade Federal de Viçosa - 2003). As bentonitas foram aplicadas na celulose após a refinação da madeira, antes do branqueamento.

Essa mesma capacidade pode ser aproveitada na diminuição da aplicação de DPTA em um branqueamento com peróxido de hidrogênio de uma celulose TCF de Pinus Taeda. Neste experimento foram usadas bentonitas cálcicas e bentonitas sódicas sintéticas. Uma substituição de 50% de DPTA por bentonita resultou em celuloses com alvuras equivalentes ou um pouco superiores a das amostras com 100% DPTA, e em economias de até 20% de peróxido de hidrogênio em relação ao consumo de peróxido com 100% de uso de DPTA. As bentonitas sódicas sintéticas tiveram um desempenho um pouco superior ao das bentonitas cálcicas neste caso (15-Relatório Universidade Federal de Viçosa- 2004).

Uma vantagem adicional seria a eficiência da adsorção e floculação da bentonita no tratamento de efluentes (1, 2).

Uma aplicação interessante da capacidade de troca catiônica das bentonitas e da sua adsorção de compostos orgânicos e resíduos é na polpação e branqueamento de papel reciclado para a fabricação de celulose tissue branqueada (5, 12, 21, 23). Ela pode ser aplicada no pulper para remoção de impurezas, aplicada antes da depuração, para diminuição de stickies e também antes do branqueamento, para economia de peróxido de hidrogênio e de silicato de sódio, além da diminuição de stickies (12, 21a - Relatório Universidade Federal de Viçosa, 21b – Relatório Universidade Federal de Viçosa, 33). Os resultados foram confirmados na fábrica. O sistema de fabricação tornou-se mais estável com o uso da bentonita. A qualidade da água branca também melhorou com a adição do mineral. Notou-se um aumento importante na maciez do papel em decorrência da presença das placas finas de bentonita adsorvidas pela celulose na superfície da folha. As bentonitas sódicas sintéticas foram as que apresentaram os melhores resultados neste caso. A fábrica está usando bentonita em seu sistema desde 2004.

Em outra aplicação piloto em uma fábrica de papel tissue com reciclado foram registradas economias de 20% no consumo de peróxido no branqueamento e uma redução de até 48% no conteúdo de stickies com o uso de uma bentonita sódica sintética (12, 21 – Relatório Universidade Federal de Viçosa, 33). Nesse caso a bentonita era aplicada apenas no pulper. Os stickies também diminuíram.

As bentonitas podem adsorver o pitch dissolvido nas várias partes do sistema de fabricação de celulose. É muito pitch. Para cada 1.000 toneladas de madeira ocorrem nos circuitos da fábrica pelo menos 30 toneladas de pitch, só proveniente da madeira.

Quando o pitch está na forma catiônica, sais orgânicos dos extrativos, o pitch é adsorvido pela bentonita por troca catiônica e quando o pitch está na forma hidrofóbica, ele é adsorvido pela face hidrofóbica das bentonitas (1, 2, 3, 7, 8, 11, 13, 35, 37, 45, 46)

As bentonitas podem ser consideradas para eliminação do pitch no branqueamento de celulose sulfato. As bentonitas tem placas muito finas. Uma pequena quantidade é suficiente para recobrir o pitch existente nos elementos de vasos e de raios do eucalipto, por exemplo. A bentonita residual floculará com o material em suspensão e facilitará a drenagem da celulose. Deverá haver uma diminuição de COD antes do branqueamento e a consequente economia de reagentes.

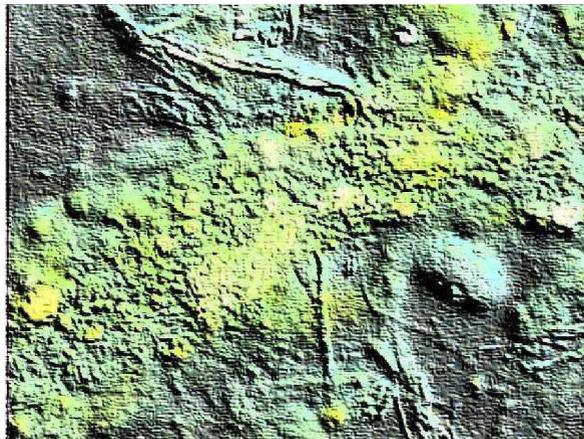


Figura 6 – Elemento de vaso de celulose sulfato não branqueada de eucalipto após tratamento com agitação em com lixívia preta da lavagem e 0,5% de bentonita sódica sintética durante 10 minutos a pH 5. A bentonita, em amarelo, ficou retida pelo pitch que está acumulado no elemento de vaso. Notar o pequeno tamanho das lâminas. Aumento 1000 x
Experimento executado na Universidade Federal de Viçosa.

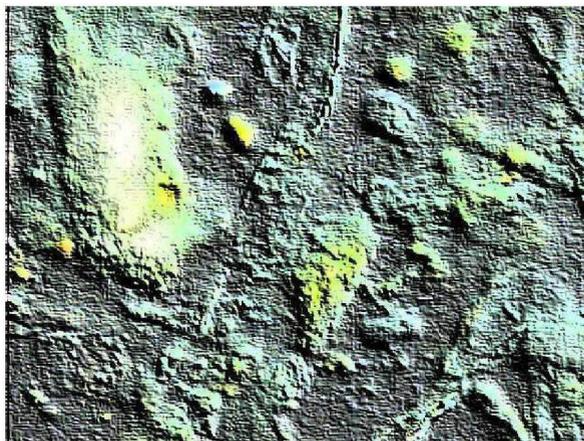


Figura 7 – Elementos de vaso de celulose sulfato não branqueada de eucalipto após tratamento com agitação em com lixívia preta da lavagem e 0,5% de bentonita sódica sintética durante 10 minutos a pH 5. A bentonita, em amarelo, ficou retida pelo pitch que está acumulado nos elementos de vaso. Um dos elementos de vaso contém mais pitch do que o outro. As fibras não contém pitch. Notar o pequeno tamanho das lâminas de bentonita. Aumento: 1000 x
Experimento executado na Universidade Federal de Viçosa.

Foram feitos alguns experimentos para verificação da capacidade de adsorção das bentonitas do pitch coloidal da lixívia negra de cozimentos sulfato de eucalipto e de pinho de algumas fábricas de celulose e papel brasileiras (14 – Relatório Universidade Federal de Viçosa, 2005, 16 – Relatório Universidade Federal de Viçosa, 2005, 19 – Relatório Universidade Federal de Viçosa, 2005, 18 – Relatório Universidade Federal de Viçosa, 2006).

Foi analisado o desempenho de uma bentonita sódica, de algumas bentonitas sódicas sintéticas, de algumas bentonitas cálcicas, e de algumas bentonitas modificadas.

O procedimento padrão consistiu em determinar o teor de pitch coloidal na lixívia original, tratar a lixívia com uma proporção adequada de bentonita e depois avaliar novamente o pitch coloidal residual. A avaliação foi feita de acordo com a norma TAPPI Useful Method G. 12U.

Analisando-se o comportamento das bentonitas na adsorção do pitch coloidal da lixívia negra de eucalipto e de pinho notou-se que para as lixívias de eucalipto os melhores resultados encontrados foram os correspondentes a uma bentonita sódica natural, seguidos pelos resultados correspondentes a uma bentonita cálcica ultrafina e pelas bentonitas sódicas sintéticas. Aparentemente o desempenho da bentonita tem correlação com a origem da madeira e com o processo de cozimento.

No tratamento do pitch das lixívias de pinho, uma bentonita sódica e uma bentonita sódica ativada tiveram melhor desempenho que uma bentonita cálcica fina.

Foi feito também um estudo para a adsorção de pitch em fábricas TMP. Uma bentonita sódica e a uma bentonita sódica sintética tiveram uma eficácia excepcional na adsorção do pitch. Uma bentonita cálcica avaliada foi um pouco menos eficiente.

O mecanismo de adsorção do pitch dos cozimentos sulfatos e do branqueamento pelas bentonitas está em avaliação. Uma vantagem paralela do processo é o aumento da velocidade de drenagem da celulose após o tratamento com bentonita.

A facilidade de troca iônica e formação de pontes com agentes catiónicos torna a bentonita um agente de floculação importante para a facilidade de desaguamento e para a retenção de finos na formação da folha da celulose (22, 23, 24, 25, 32, 45, 46). As lâminas de bentonita atuam como pontes entre os polímeros adsorvidos nas superfícies das fibras. É uma outra aplicação para a espessura de camada nanométrica das placas de bentonita. As placas de bentonita são os agentes aniónicos. Entre os agentes catiónicos usados temos o amido catiónico e o CPAM. As principais vantagens que os sistemas de retenção e drenagem que usam bentonita como agente mineral nanométrico são: capacidade de refloculação, desaguamento mais rápido e eficiente na tela e na prensa, maior porosidade e melhor qualidade de desempenho do papel formado, melhor qualidade da água da máquina. Além disso o sistema torna-se estável, o polímero distribui-se uniformemente na superfície da fibra e o enchimento se distribue igualmente dentro da folha de papel (45). A qualidade da água da máquina melhora e diminui a incidência de pitch ao longo do sistema.

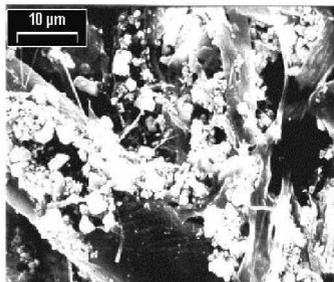


Figura 9 – Aspecto de floculação de fibra de celulose sulfato de Pinus com bentonita e CPAM. Notar as pontes formadas pelo polímero catiónico com a bentonita, que se deposita sobre e entre as fibras (Peter Müller, 32).

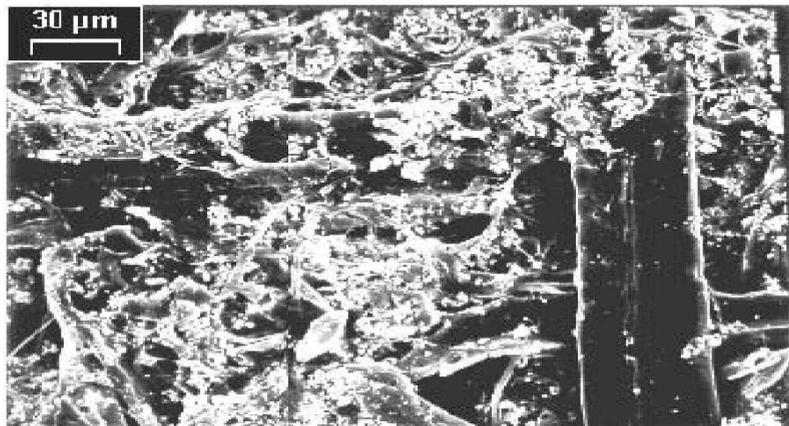


Figura 9 a – Aspecto de flocculação de fibra de celulose sulfato de Pinus com bentonita e CPAM. Notar as pontes formadas pelo polímero catiônico com a bentonita, que se deposita sobre e entre as fibras (Peter Müller, 32).

As bentonitas são muito usadas para a adsorção de pitch, de extrativos e impurezas no processo de fabricação de papel e nos tratamentos de efluentes (5, 22, 23, 26, 33, 34, 35, 36, 37, 38).

As bentonitas acidificadas são usadas na fabricação de papel copiativo pela sua finura e capacidade de adsorção de pigmentos (5, 33).

Devido também a finura de suas placas e as suas propriedades reológicas as bentonitas são usadas para recobrimento para papéis especiais (5, 33, 44). As placas das bentonitas conferem uma grande lisura ao papel e a sua capacidade de adsorção de tinta impede o espalhamento, melhora a nitidez da imagem e proporciona uma economia de pigmento. A porosidade e a opacidade do papel são aumentadas e a resistência do papel a umidade também aumenta.

3. Comparação do comportamento da bentonita e talco na adsorção de pitch e stickies

Bentonitas e talcos são dois minerais do grupo dos filosilicatos de estruturas muito parecidas. O talco também é usado desde o século passado pela indústria de celulose e papel para a melhoria da qualidade de seus produtos e da performance dos seus equipamentos.

Os talcos tem uma estrutura cristalina semelhante a das bentonitas. Possuem uma sub camada tri-octaédrica, onde em vez de alumínio (Al^{+3}) os octaedros são de magnésio (Mg^{2+}). A estrutura é bastante equilibrada e compacta e não existe água entre as várias camadas 2:1 ao longo do mineral. As duas sub camadas externas do talco são formadas de oxigênio ligados a silício. As cargas iônicas positivas e negativas da estrutura da lamela do talco são bem balanceadas. Os talcos apresentam características hidrofóbicas. As lâminas de talco são unidas por forças de Van der Waals fracas. O escorregamento entre as camadas e a sua delaminação são relativamente fáceis, e o talco é muito macio ao tato. (40, 43).

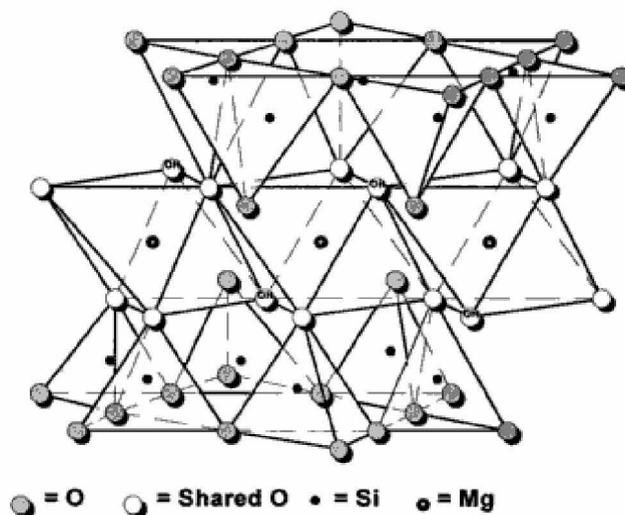


Figura 10 – Estrutura do talco. Notar o balanceamento entre as cargas que tornam o talco pouco reativo. Não existe água, só ar, entre duas camadas 2:1 consecutivas na estrutura do mineral (4 – Ciullo, 1996)

As superfícies basais dos talcos são formadas apenas de átomos de oxigênios sem cations. As superfícies basais do talco são formadas de átomos de oxigênio inteiramente compensados, ligados entre si por ligações de siloxano (ligações Si-O-Si). As arestas são formadas de MgOH, SiOH e outros átomos que possam estar presentes, Al³⁺, Fe³⁺. Os átomos de oxigênio das superfícies basais podem doar pares de elétrons a uma base, e as superfícies das arestas podem se dissociar para doar prótons. À medida que o tamanho das partículas de talco diminui a proporção área base/área aresta também diminui, e o talco vai passando de hidrofóbico a hidrofílico (41).

Considera-se também que o talco é naturalmente hidrofóbico e flutua naturalmente na água devido aos gases que estão embebidos em sua estrutura. Se o talco for degasado entre 100-400°C ele passará a ter uma grande afinidade pela água, porque há várias hidroxilas presentes na camada octaédrica interior, que estão apontando para fora através da cavidade da estrutura tetraédrica (47).

Costanzo (3) comparou a adsorção de albumina, um composto hidrofóbico, pelo talco e pela bentonita sódica natural. O talco é o mais hidrofóbico: adsorveu 1,25 mg de albumina por m² de área basal do talco, enquanto que a bentonita sódica natural adsorveu 0,0155 mg de albumina por m² de área basal da bentonita. Mas a área total da superfície basal do talco é de 2,75 m² por grama de talco, enquanto que a área total da superfície basal da bentonita delaminada é de 800 m² por grama de bentonita. Disso resulta que o talco adsorveu 3,4 mg de albumina por grama, enquanto que a bentonita absorveu quase quatro vezes mais: 12,3 mg de albumina por grama!

As formas de ação dos dois minerais diferem: enquanto o talco é rígido e tem as impurezas aderidas a sua superfície, a bentonita em lamelas é mais fina e mais numerosa e pode agir recobrendo completamente o pitch, os stickies e as impurezas do processo, retirando-as do processo por floculação.

As lamelas provenientes de 1 grama de bentonita, colocadas umas atrás das outras, podem dar a volta ao mundo!! (33)

Bibliografia:

1. Handbook of Clay Science – Editado por F. Bergaya, B.K.G. Theng e G. Lagaly – Developments in Clay Science – Vol 1 – Elsevier Ltd. 2006
2. Colloids and Surface Properties of Clays - Rossman F. Giese, Carel J. Van Oss - CRC Press – 2002

3. P.M.Constanzo, R.M.Giese, C.V. van Oss – Determination of Acid Base Characteristics of Clay Mineral Surfaces by contact angle measurements – Implications of the adsorption of organic solutes from aqueous media in Acid-base Interactions: Relevance to Adhesion Science and Technology By K. L. Mittal, Frederick Mayhew Fowkes, H. R. Anderson 1991 VSP
4. Peter Ciullo - Industrial Minerals and Their Uses: A Handbook – 1996 - William Andrew Inc.
5. Papermaking Chemistry – Leo Neimo – Ed. Johan Gullichsen and Hannu Paulapuru – Fapet Oy – 1999
6. Pérsio S.Santos, Rosângela A. Hanna, Marcelo Lage, Antonio C.V. Coelho – Ensaio de inchamento e viscosidade de bentonita sódica em água, partes 1 e 2 – Química Industrial nº 108 – Março/abril 2006 – pp 42-45 e Maio-junho 2006 – pp 32-37
- 7 W.F. Jaynes e S.A. Boyd – Hydrophobicity of siloxane surfaces of smectites as revealed by aromatic hydrocarbon adsorption from water – Clays and Clay Minerals, Vol.39, N°4, 428-436, 1991.
8. David Laird, 2004 – Reactions of organic molecules with smectite surfaces in aqueous systems – Acta mineralogical-Petrographics, Abstract Series 4, University of Szeged, Hungary, p 64
9. Guangyao Sheng, Cliff T. Johnston, Brian J.Teppen e Stephen A. Boyd – Potential Contributions of smectite clays and organic matter to the pesticide retention in soils – J. Agric. Food Chem, 2001, 49, 2899-2907
10. Joseph Seckbach Origins: Genesis, Evolution and Diversity of Life – 2004 –Springer
11. Youjon Deng, Joe Dixon, Norman Whitw, Richard Loeppert and Anthony Juo – Bonding between polyacrylamide and smectite – Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects Volume 281, Issues 1-3, 15 June 2006, Pages 82-91
12. Tiina Sarja – 2007 – Measurement, Nature and Removal of Stickies in Deinked Pulp – PH Thesis – University of Oulu
- 13 – E.S. Sonnon e M.L. Thompson – Sorption of non ionic polyoxyethylene lauryl ether surfactants by 2:1 layer silicates – Clays and Clay Minerals, February 2005, v. 53; nº 1; pg 45-54.
- 14 - RELATÓRIO SUD CHEMIE DO BRASIL 01- 2005 -ANÁLISE DO POTENCIAL DE CINCO ADSORVENTES PARA CONTROLE DE PITCH COLOIDAL NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL-COORDENADOR: Prof. Rubens Chaves de Oliveira-EQUIPE TÉCNICA:-Rodrigo de Castro, Engr. Universidade Federal de Viçosa – 2005
- 15 - RELATÓRIO TÉCNICO -Jorge Luiz Colodette, Claudia Márcia Gomes, Romildo Lopes de Oliveira -AVALIAR EFEITO DOS SILICATOS DE ALUMÍNIO ATIVADOS NO BRANQUEAMENTO COM PERÓXIDO DA POLPA DE CELULOSE – Universidade Federal de Viçosa – 2004
- 16 - ANÁLISE DO POTENCIAL DE CINCO ADSORVENTES PARA CONTROLE DE PITCH COLOIDAL NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL - COORDENADOR: Prof. Rubens Chaves de Oliveira EQUIPE TÉCNICA: Rodrigo de Castro, Engr. Abiney Lemos Cardoso Universidade Federal de Viçosa – 2005
- 17 - RELATÓRIO SUD CHEMIE DO BRASIL 02- 2004 - ANÁLISE DO POTENCIAL DE SEIS ADSORVENTES PARA CONTROLE DE PITCH COLOIDAL NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL - COORDENADOR: Prof. Rubens Chaves de Oliveira EQUIPE TÉCNICA:-Luciano Sabioni, Engr.,Carla Lima Lopes Motta,Abiney Lemos Cardoso- Universidade Federal de Viçosa - 2004
- 18 - Relatório Sud Chemie do Brasil- ANÁLISE DO POTENCIAL DE SEIS ADSORVENTES PARA CONTROLE DE PITCH COLOIDAL NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL-COORDENADOR: Prof. Rubens Chaves de Oliveira-EQUIPE TÉCNICA: Rodrigo R. de Castro, Engenheiro Florestal-Universidade Federal de Viçosa – 2006
- 19 - RELATÓRIO SUD CHEMIE DO BRASIL 01- 2005 ANÁLISE DO POTENCIAL DE CINCO ADSORVENTES PARA CONTROLE DE PITCH COLOIDAL NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E

PAPEL - COORDENADOR: Prof. Rubens Chaves de Oliveira - EQUIPE TÉCNICA:= Rodrigo de Castro, Engr. Abiney Lemos Cardoso – Universidade Federal de Viçosa – 2005

20 - RELATÓRIO TÉCNICO FINAL por Jorge Luiz Colodette, Claudia Márcia Gomes, AVALIAR O EFEITO DE SILICATOS DE ALUMÍNIO ATIVADOS NO BRANQUEAMENTO COM PERÓXIDO DA POLPA DE CELULOSE – Universidade Federal de Viçosa – 2003

21 - RELATÓRIO TÉCNICO FINAL-Jorge Luiz Colodette,Claudia Márcia Gomes-DETERMINAÇÃO DA SUJIDADE DE AMOSTRAS SEQUENCIAL DO PROCESSO – Universidade Federal de Viçosa, 2004

21 a - RELATÓRIO TÉCNICO FINAL-Jorge Luiz Colodette,Claudia Márcia Gomes-DETERMINAÇÃO DA SUJIDADE DE AMOSTRAS SEQUENCIAL DO PROCESSO – Universidade Federal de Viçosa, 2004

21 b - RELATÓRIO TÉCNICO FINAL - Jorge Luiz Colodette, Claudia Márcia Gomes, Onel Reis Lopes - AVALIAR O EFEITO DOS SILICATOS DE ALUMÍNIO ATIVADOS NO BRANQUEAMENTO COM PERÓXIDO DA POLPA RECICLADA - 2003

22 - T. Asselman, G. Garnier - The flocculation mechanism of microparticulate retention aid systems, Journal of Pulp and Paper Science, August 2001, Vol. 27(8)

23 - M. I. Knudson - Bentonite in Paper: The Rest of the Story, 1993 Papermakers Conference Proceedings – TAPPI

24 - Erich Gruber and Peter Müller - Investigations of the flocculation behavior of microparticle retention systems,TAPPI JOURNAL & Solutions! December 2004

25 - Neil Harris, Phil Ford and Angelo Spada - DECOUPLING - THE LATEST DEVELOPMENTS IN RETENTION AND DRAINAGE TECHNOLOGY – African Pulp and Paper Week – 2004 – APPW

26 - S Triantafyllou, E Christodoulou, P Neou-Syngouna - REMOVAL OF NICKEL AND COBALT FROM AQUEOUS SOLUTIONS BY Na-ACTIVATED BENTONITE - Page 1. Clays and Clay Minerals, Vol 47, No. 5, 56772, 1999

27 - M. Rao, D. G. Odom and J. Oró - Clays in prebiological chemistry – Journal of Molecular Evolution – Vol 15 n.º 4 – Dezembro 1980 pp 317-331

28 - SC Bondy and ME Harrington - L Amino acids and D-glucose bind stereospecifically to a colloidal clay - Science 23 March 1979: Vol. 203. no. 4386, pp. 1243 – 1244

29 - E. V. Suslov, T. M. Khomenko, I. V. Il'ina, D. V. Korchagina, N. I. Komarova, K. P. Volcho and N. F. Salakhutdinov - Asymmetric induction in catalyzed synthesis of organic compounds as an important stage in the evolution of life on earth – Paleontological Journal – Vol 40 nº 4 Agosto 2006

30 - J. Bujdak, H. Slosiarikova, N. Texler, M. Schwendinger and B. M. Rode - On the possible role of montmorillonites in prebiotic peptide formation – Chemical Monthly – Vol 124.nº 10 - Outubro 1994

31 - Juraj Bujdák, Hoang Le Son and Bernd Michael Rode - Montmorillonite catalyzed peptide bond formation: The effect of exchangeable cations - Journal of Inorganic Biochemistry Vol 63 Issue 2 Agosto 1996

32 – Peter Müller, 2001 - Untersuchungen zur Wechselwirkung von Mikropartikelsystemen mit Faserstoffsuspensionen – PhD Thesis - Universidade de Darmstad

33 – Sud Chemie do Brasil – Registros de performance.

34 - Saad Ali Khan, Riaz-ur-Rehman and M. Ali Khan - Adsorption of chromium (III), chromium (VI) and silver (I) on bentonite – Waste management – vol 15, Issue 4, 1995 – pp 271 282 Elsevier

35 - Ceyda Bilgiç - Investigation of the factors affecting organic cation adsorption on some silicate minerals – Journal of Colloid and Interface Science, Volume 281 nº 1, January 2005, pp 33-38

- 36 - Gözen Bereket, Ay e Zehra Arog , and Mustafa Zafer Özela - Removal of Pb(II), Cd(II), Cu(II), and Zn(II) from Aqueous Solutions by Adsorption on Bentonite – Journal of Colloid and Interface Science – volume 187 – Issue 2, 15 março 1997, pp 338-343 – Academic Press
- 37 - T. Viraraghavan, and Flor de Maria Alfaro - Adsorption of phenol from wastewater by peat, fly ash and bentonite - Journal of Hazardous Materials, volume 37, issues 1-3. Janeiro 1998, pp 59-70
- 38 - Lizhong Zhu,* Baoliang Chen, and Xueyou Shen - Sorption of Phenol, p-Nitrophenol, and Aniline to Dual-Cation Organobentonites from Water - Environ. Sci. Technol., 34 (3), 468 -475, 2000.
- 39 - R. Donat , A. Akdogan, E. Erdem and H. Cetisli - Thermodynamics of Pb²⁺ and Ni²⁺ adsorption onto natural bentonite from aqueous solutions - Journal of Colloids and Interface Science – Volume 286 n° 1 – Junho 2005 pp 43-52 – Elsevier Inc
- 40 - <http://www.luzenac.com/mineralogy.htm>; http://www.luzenac.com/related_minerals.htm
- 41 – Emilio Lobato et Al – Characterization of Surface Free Energies of Talc Powders using the Three Layer Wicking Technique in Functional Fillers and Nanoscale Minerals: New Markets/new Horizons By Jon J. Kellar Published 2006 SME pp 101
- 42 – M. Assan et Al – Structural Modifications of Clays for Enhancement of Proprieties of Hybrid Organic-Inorganic Nanocomposites in Functional Fillers and Nanoscale Minerals: New Markets/new Horizons By Jon J. Kellar Published 2006 SME pp 55-67
- 43 – Peter Biza - Talc – A modern Solution for Pitch and Stickies Control - Paper Technology – abril 2001 – pp 22 -24
- 44 - EUGENE I-CHEN WANG · YUAN SHING PERNG - Fiber Surface Engineering to Improve Papermaking Raw Material Quality - 2006 PAN PACIFIC CONFERENCE Proceedings Vol.2, 2006. 6 pp. 271-278
- 45 - Huining Xiao - Micro or Nano Particle Flocculation System – in Encyclopedia of Surface And Colloid Science - By Ponisseril Somasundaran CRC Press – Taylor & Francis, 2006 pp 3871 e seg.
- 46 - Huining Xiao - Fine Clay Flocculation – in Encyclopedia of Surface And Colloid Science - By Ponisseril Somasundaran CRC Press – Taylor & Francis, 2006 pp 2872 e seg.
- 47 – L. J. Michot et all –The Structural Microscopic Hydrophilicity of Talc – Langmuir 1994, 10, 3765-3773