

Capítulo IV. Resultados e Discussões

IV.1- Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar

IV.1.1- Lignina Klason

Este método tem como objetivo a determinação do teor de lignina. Consiste no tratamento da amostra livre de extrativos com ácido sulfúrico (72%). O ácido dissolve a fração polissacarídica, deixando como resíduo a lignina, ou seja, ocorre a hidrólise dos carboidratos, isolando a lignina [12].

A lignina Klason é a lignina insolúvel em ácido sulfúrico 72%. Nessa determinação foi obtido um valor de 23,90% \pm 1,15 para o bagaço bruto e de 4,64% \pm 0,93 para o bagaço purificado. Verifica-se, portanto, que houve uma redução de aproximadamente 80,59% no teor de lignina, após o procedimento de deslignificação do bagaço de cana-de-açúcar. Essa remoção de grande parte da lignina presente na matriz lignocelulósica, ocorre principalmente por meio das reações de clivagens das ligações α -aril éter e β -aril éter feitas pelos ânions hidróxido que clivam a macromolécula de lignina em fragmentos menores e solúveis nos meios aquoso e alcalino [18].

Desse modo pode-se dizer que o processo de purificação utilizado é eficiente, uma vez que reduz significativamente a quantidade de lignina presente no bagaço de cana-de-açúcar.

IV.1.2- Teor de polissacarídeos

A celulose distingue-se analiticamente dos extrativos pela sua insolubilidade em água e solventes orgânicos, das hemiceluloses pela sua insolubilidade em soluções alcalinas aquosas e da lignina pela sua relativa resistência a agentes oxidantes e suscetibilidade à hidrólise por ácidos. A extração sucessiva da holocelulose com

teor de lignina Klason no bagaço bruto obtém-se um valor um pouco superior a 100%, o que é perfeitamente aceitável, pois os métodos de isolamento tanto da lignina quanto dos polissacarídeos não são rigorosos a ponto de se evitar que exista pequena porcentagem de lignina quando se isolam os polissacarídeos e vice-versa [56]. O teor de polissacarídeos no bagaço purificado foi também obtido e o valor encontrado foi de 95,27%, sendo que 78,68% correspondem à celulose. Com base nos resultados, verifica-se que o bagaço purificado se destaca pelo alto conteúdo de celulose, sendo, portanto, de grande potencial para a produção de derivados celulósicos.

A Tabela 4 apresenta a composição porcentual mais detalhada das macromoléculas presentes no bagaço de cana-de-açúcar bruto e purificado.

Tabela 4: Composição porcentual das macromoléculas presentes no bagaço de cana-de-açúcar bruto e purificado.

Componente	Bagaço de cana-de-açúcar bruto	Bagaço de cana-de-açúcar purificado
Hemicelulose A	21,03% ± 1,54	9,10% ± 0,17
Hemicelulose B	9,17% ± 1,27	7,49% ± 0,33
Celulose	49,94% ± 2,03	78,68% ± 1,82
Lignina	23,90% ± 1,15	4,64% ± 0,93

Os resultados das determinações das macromoléculas presentes no bagaço de cana-de-açúcar apontaram que a purificação do bagaço, ocasionou uma diminuição de 80,59% e 45,07% nos teores de lignina e hemiceluloses, respectivamente, e um aumento de 57,55% no teor da fração de celulose, em relação ao bagaço *in natura* (bruto), conforme mostrado na Tabela 4. Essa elevação ocorreu porque ao promover o rompimento das fibras, durante o processo de deslignificação, a celulose que se localizava na parte interna do bagaço, acabou por ser liberada. A diminuição nos valores das frações de lignina e hemiceluloses ocorrem por o processo de purificação promover

a clivagem da macromolécula de lignina em fragmentos menores e solúveis nos meios aquoso e alcalino, e por o tratamento ácido promover a ruptura das fibras de hemiceluloses, gerando outros tipos de açúcares como xilose e arabinose em maiores quantidades, respectivamente [57].

A Tabela 5 apresenta uma comparação da composição química dos componentes do bagaço bruto determinado nesse estudo, em comparação com os dados obtidos por Gouveia et al. [58] e Caraschi et al. [59].

Tabela 5: Composição química dos componentes do bagaço de cana-de-açúcar bruto determinado nesse estudo, em comparação com Gouveia et al. [58] e Caraschi et al. [59].

Componente	Composição (%)	Composição (%) [58]	Composição (%) [59]
Lignina	23,90 ± 1,15	22,1	23,30
Hemiceluloses	30,20 ± 2,81	25,8	27,00
Celulose	49,94 ± 2,03	42,8	51,00

Verifica-se que para todos os casos mostrados na Tabela 5, o bagaço de cana-de-açúcar bruto é composto em sua maior parte de celulose, seguido por hemiceluloses e lignina. Os valores encontrados nesse estudo mostraram bastante proximidade com os valores obtidos por Gouveia et al. [58] e Caraschi et al. [59], que apesar de algumas diferenças, não apresentaram discrepâncias significativas.

IV.1.3- Análise por espectroscopia de infravermelho

A Figura 20 mostra os espectros de IV do bagaço de cana-de-açúcar antes e depois da purificação e na Tabela 6 encontram-se as principais bandas de absorção na região do infravermelho para materiais celulósicos e lignocelulósicos.

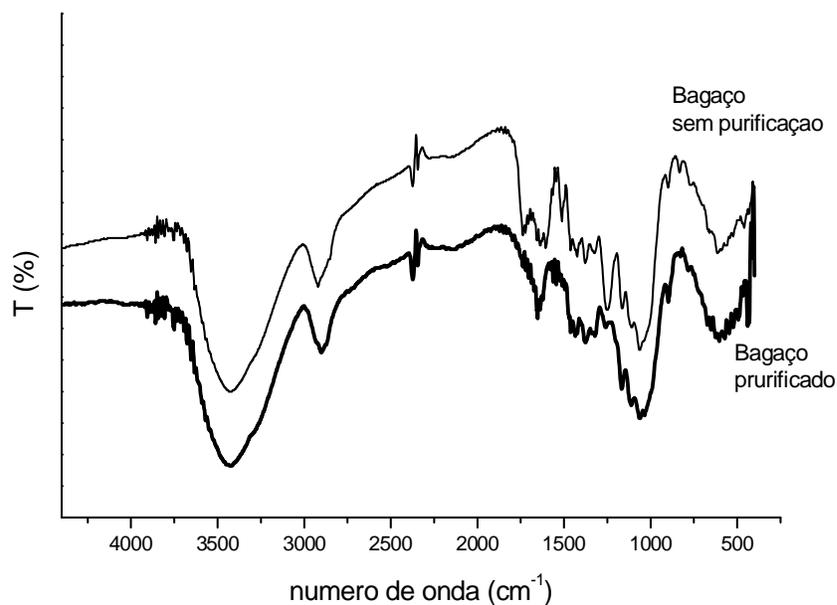


Figura 20: Espectro de IV do bagaço de cana-de-açúcar antes e depois da purificação.

Tabela 6: Atribuições das principais bandas de absorção no espectro na região do infravermelho para materiais celulósicos e lignocelulósicos [13].

Número de onda (cm^{-1})	Atribuições
~ 3377	ν (OH)
~ 2900	ν (CH) de grupos CH_2 , CH_3 e CH
1704-1670	ν (C=O) de ácidos ou ésteres conjugados com anéis aromáticos
1641	δ (OH) de água absorvida
1504	ν (C=C) de anéis aromáticos
1428	δ (CH_2)
1421	δ_a (C-H) em grupamentos OCH_3
1370	δ (CH)
1340	δ (OH) no plano
1313	γ (CH_2)
1269	ν (C-O) de anéis guaiacila

1154	$\nu(\text{C}_5\text{-O-C}_1)$
1072	$\nu(\text{OH})/(\text{CO})$
897	$\nu(\text{C}_1\text{-O-C}_4)$
836	$\nu(\text{C-H})$ de anéis aromáticos

Como as principais mudanças advindas do processo de deslignificação se concentram na região de 700 a 1700 cm^{-1} , a mesma foi ampliada, conforme apresentado na Figura 21, para uma melhor discussão.

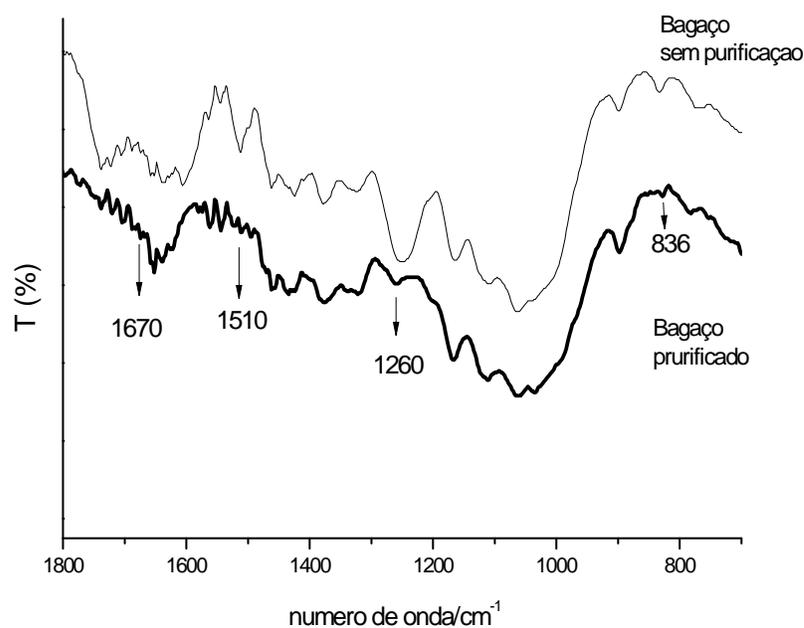


Figura 21: Espectros de IV, ampliados na região de 700 a 1700 cm^{-1} , do bagaço de cana-de-açúcar antes e após a deslignificação.

A deslignificação é acompanhada pela redução das bandas características da lignina. Ocorre uma redução na intensidade das bandas localizadas em aproximadamente 1670, 1510, 1260, 836 cm^{-1} , que são atribuídas aos estiramentos $\text{C}=\text{O}$ de ácidos ou ésteres conjugados com anéis aromáticos, $\text{C}-\text{C}$ de anéis aromáticos, $\text{C}-\text{O}$ de anéis guaiacila e $\text{C}-\text{H}$ anéis aromáticos, respectivamente, do bagaço purificado em

comparação com o bagaço sem purificação. Estas observações indicam que a lignina do bagaço foi significativamente reduzida, o que está de acordo com a redução verificada para o teor de lignina, que foi de 80,59%, o que mostra que o processo de deslignificação empregado neste trabalho, foi eficiente para a redução da lignina e isolamento da celulose.

A Figura 22 mostra o aspecto físico do bagaço bruto e após o procedimento de purificação para obtenção da polpa celulósica. Vale ressaltar que o bagaço purificado é obtido com rendimento de 50% em relação à massa de bagaço bruto utilizada no início do processo de deslignificação.



Figura 22: Aspecto físico do bagaço de cana-de-açúcar: (a) bruto e (b) purificado.

IV.2- Produção e caracterização do sulfato de acetato de celulose

IV.2.1- Síntese e IV

Em trabalhos anteriores, nosso grupo de pesquisa, demonstrou a viabilidade de se produzir o triacetato de celulose a partir da celulose extraída do bagaço de cana-de-açúcar pela acetilação convencional usando anidrido acético, ácido sulfúrico como catalisador e ácido acético como solvente. A Figura 23 apresenta um espectro de IV do triacetato de celulose produzido a partir da celulose extraída do bagaço de cana –de- açúcar.

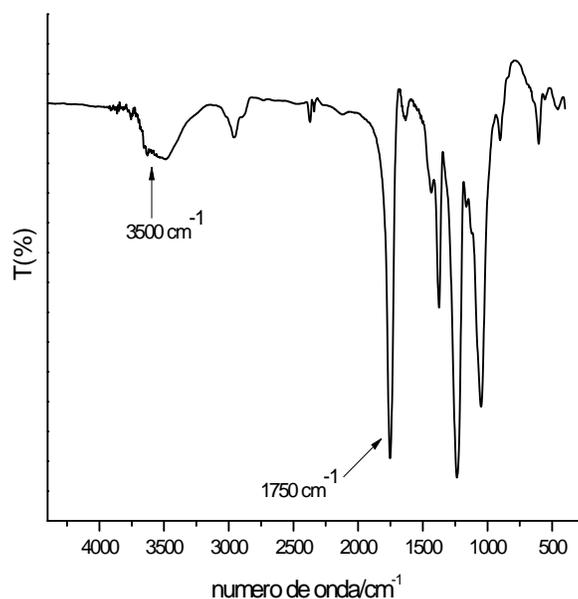


Figura 22: Espectro de IV do triacetato de celulose produzido a partir do bagaço de cana-de-açúcar.

As características principais que podem ser observadas são: i) a presença de uma banda intensa, característica do estiramento dos grupos carbonila, em aproximadamente 1750 cm^{-1} ; ii) redução drástica na intensidade da banda em 3500 cm^{-1} , que é atribuída ao

estiramento O-H dos grupos hidroxílicos. Tais características evidenciam a substituição do hidrogênio dos grupos hidroxilas por grupos acetila.

Os aspectos observados no espectro de IV evidenciam a produção de um triacetato de celulose e podem ser usados para comparações com derivados produzidos pelo processo de acetilação e sulfonação simultânea.

De acordo com Chauvelon et al. [29], a acetilação e sulfonação podem ser realizadas simultaneamente dependendo da relação molar do anidrido acético e celulose. A quantidade de anidrido acético utilizada atingiu 25 mol.mol^{-1} de anidrogucose. Este valor excede o valor utilizado por Chauvelon et al. [29]. A estrutura e composição química das fontes de celulose podem ser responsáveis pelas diferenças, uma vez que utilizamos a celulose do bagaço de cana-de-açúcar e Chauvelon et al. utilizaram celulose microcristalina e celulose do farelo de milho e trigo, para obtenção do derivado. A utilização da mesma razão do trabalho de Chauvelon resultou em uma grande quantidade de material superficialmente acetilado e uma baixa quantidade de material sulfoacetilado, sendo apenas 6% da celulose inicial convertida em derivado sulfoacetilado. A modificação na metodologia, permitiu a produção de 3 derivados que foram avaliados através dos espectros de IV nas Figuras 24 e 25. A Tabela 7 apresenta as atribuições das principais bandas no espectro de IV do triacetato e sulfato de acetato de celulose.

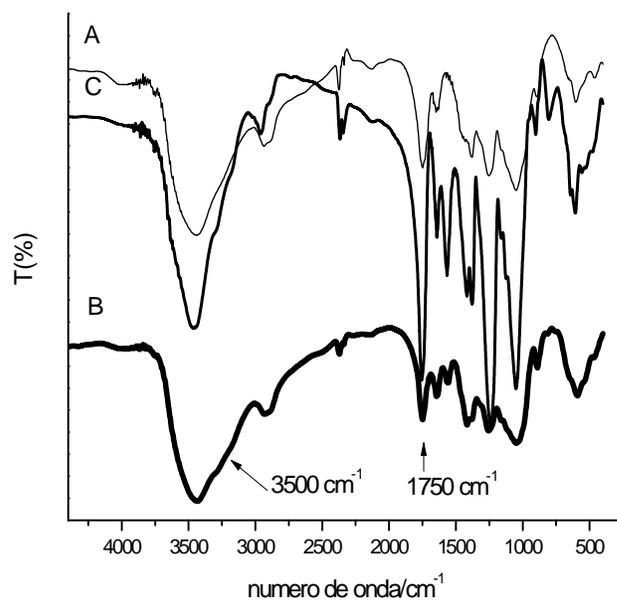


Figura 24: Espectro de IV para os materiais produzidos: A) Precipitado A, B) Precipitado B e C) Precipitado C.

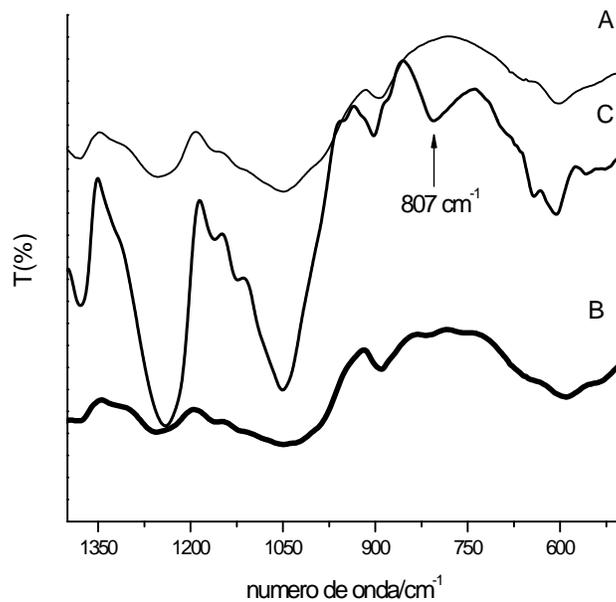


Figura 25: Espectro de IV para os materiais produzidos (região 1400–500 cm^{-1}): A) Precipitado A, B) Precipitado B e C) Precipitado C.

Tabela 7: Atribuições das principais bandas no IV do triacetato de celulose e sulfoacetato de celulose.

Número de onda (cm^{-1})	Atribuições
3490	ν (O-H) celulósico
2960	ν assimétrico (CH_3)
2880	ν simétrico (CH_3)
1750	ν (C=O) de éster
1634	δ da água
1429	δ assimétrica CH_2
1370	δ simétrica CH_3
1321	δ CH_2
1238	δ axial (C=O)
1157	ν (C-O)
1120	ν (C-O)
1052	ν (C-O)
807	δ S-O-C
909	δ angular (CH_2)
606	C-O dos grupos acetilas

Os espectros de IV dos materiais produzidos apresentaram uma diferença significativa na região de $1400 - 500 \text{ cm}^{-1}$ quando comparados ao triacetato de celulose, apresentado na Figura 23. Em comum, observa-se uma banda em aproximadamente 1750 cm^{-1} , que confirma que todos os produtos são acetilados.

No que diz respeito ao aspecto físico dos materiais produzidos, o precipitado A, que tem um rendimento de 0,2% em relação ao material de partida, apresenta uma estrutura fibrosa, que é muito similar a celulose original. Além disso, este material não é solúvel em água, o que pode indicar apenas uma modificação superficial, sem uma alteração significativa da sua estrutura cristalina. Quanto aos precipitados B e C, eles foram obtidos na forma de pó e com rendimentos de 13,1% e 86,7%, respectivamente,

em relação ao material de partida. Apesar do aspecto físico dos precipitados A e B serem visualmente diferentes, os seus espectros de IV são semelhantes. Esses materiais também são insolúveis em água. Por outro lado, o precipitado C apresenta maiores alterações quanto ao seu espectro de IV e solubilidade em água, quando comparado aos precipitados A e B. Inicialmente, pode-se assinalar que o precipitado C apresenta o maior grau de substituição frente aos grupos acetila entre os três materiais, já que o seu espectro de IV apresenta a maior intensidade da banda atribuída ao grupo carbonila em comparação com a banda atribuída ao estiramento do grupo hidroxila, em aproximadamente 3500 cm^{-1} . Além disso, o aspecto fundamental que foi observado para este material foi o aumento da sua solubilidade em água. A principal razão para este material ser mais solúvel em água é que além de ser acetilado, houve também a incorporação de grupos sulfatos nas unidades glicosídicas da celulose. Isso pode ser comprovado pela presença de uma banda na região de 810 cm^{-1} [31]. Para o precipitado C, pode-se observar um pico em 807 cm^{-1} , que indica que os grupos sulfatos estão localizados na posição 6 do anel glicosídico, além de ser um pico característico de deformações axiais do sistema S-O-C [60]. A presença desta banda pode ser notada através da ampliação do espectro de IV, mostrado na Figura 25.

Portanto, a análise dos espectros de IV evidencia que o precipitado C é o derivado sulfoacetilado, já que foi observada a presença das bandas características dos grupos acetila e sulfato. Além disso, este derivado apresenta elevada solubilidade em água em comparação aos demais, o que é atribuído a presença dos grupos sulfatos que diminuem a interação intermolecular inicial presente nas cadeias justapostas de celulose (ligação de hidrogênio), a qual não permitia que a celulose fosse solubilizada, já que essas interações eram inicialmente muito fortes. Diante desta constatação as caracterizações posteriores, bem como o estudo da aplicação na construção civil foram

realizadas somente com o precipitado C. O aspecto físico do sulfato de acetato de celulose pode ser visto na Figura 26.



Figura 26: Sulfato de acetato de celulose, obtido através da reação de acetosulfonação simultânea da celulose extraída do bagaço de cana-de-açúcar.

Os mecanismos propostos para as reações de sulfonação e acetilação da celulose, que dão origem ao derivado sulfoacetilado são apresentados nas Figuras 27 e 28. Segundo Chauvelon et al. [29], o mecanismo de esterificação é dividido em duas etapas. Primeiro ocorre a esterificação da celulose com ácido sulfúrico, visto que através de resultados experimentais obtidos na literatura para o derivado sulfoacetilado, aproximadamente 80% do ácido sulfúrico foi encontrado esterificado à celulose no primeiro minuto da reação. A acessibilidade da celulose e, portanto, sua reatividade são então, provavelmente aumentadas pelo efeito de inchamento provocado pelos grupos sulfatos volumosos. Então, uma reação de transesterificação deve ocorrer, sendo os grupos sulfatos parcial e lentamente substituídos por grupos acetatos. O grau de sulfonação então diminui à medida que o grau de acetilação aumenta até que o sulfato de acetato de celulose torna-se solúvel em ácido acético.

IV.2.2- Determinação do grau de acetilação e sulfonação do sulfato de acetato de celulose

O grau de substituição de grupos acetila (GS_{acet}) foi determinado por uma reação de saponificação cuja representação do mecanismo da reação está descrita na Figura 29:

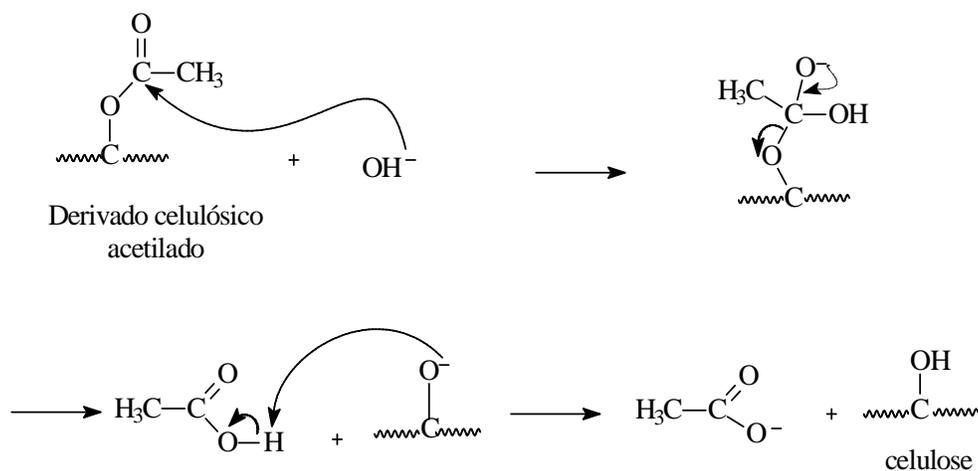


Figura 29: Representação do mecanismo de saponificação para um derivado celulósico acetilado.

O GS_{acet} , que é o valor médio de grupos acetila (GA) que substituem os hidrogênios dos grupos hidroxilas nas unidades glicosídicas foi determinado através das equações (1) e (2) e o valor obtido encontra-se apresentado na Tabela 8. Este resultado caracteriza o derivado como sendo um material triacetilado.

Tabela 8: GS_{acet} do sulfato de acetato de celulose obtido por via química.

Derivado	% de grupos acetila (GA)	GS_{acet}
Sulfato de acetato de celulose	$42,20 \pm 0,47$	$2,70 \pm 0,08$

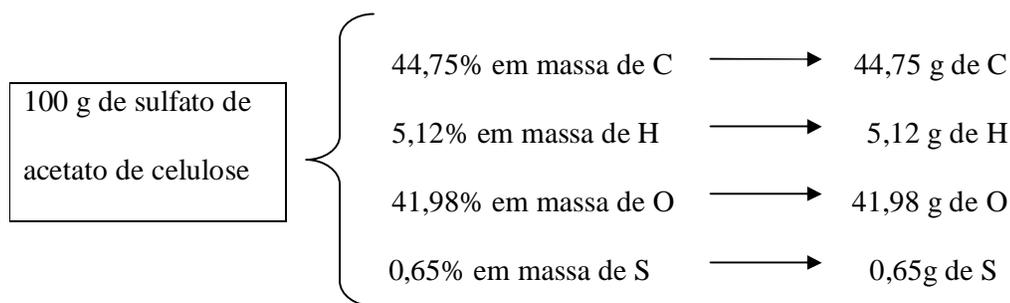
O grau de substituição de grupos sulfatos (GS_{sulf}) foi determinado através de um cálculo teórico a partir dos resultados obtidos pela análise elementar, mostrado na Tabela 9.

Tabela 9: Resultados obtidos através da Análise Elementar.

Derivado	%C	%H	%O	%S
Acetato de celulose	47.99	5.53	46.33	0.12
Sulfato de acetato de celulose	44.75	5.12	41.98	0.65

Esse cálculo leva em consideração que o derivado sulfoacetilado produzido é um derivado triacetilado ($GS_{\text{acet}} = 2,7$). Sendo assim, cada unidade glicosídica substituída, no derivado celulósico, contem 12 átomos de carbonos, 16 átomos de hidrogênios e 8 átomos de oxigênios. O cálculo utilizado para determinação do GS_{sulf} , é dado abaixo:

- É conveniente, quando se trabalha com porcentagens em massa, considerar amostras de 100 g, o que permite que as porcentagens em massa correspondam à massa em gramas de cada elemento. Portanto para o sulfato de acetato de celulose, tem-se que:



- A partir dessas quantidades em massa e conhecendo as massas atômicas dos elementos, pode-se determinar o número de mols de cada elemento. Logo, tem-se que:

$$\text{C} \rightarrow n = \frac{44,75}{12,01} = 3,73$$

$$\text{H} \rightarrow n = \frac{5,12}{1} = 5,12$$

$$\text{O} \rightarrow n = \frac{41,98}{16} = 2,62$$

$$\text{S} \rightarrow n = \frac{0,65}{32} = 0,02$$

- Depois de determinar a proporção entre o número de mols, foi calculada a menor proporção possível de números inteiros. Isso foi feito, dividindo os valores obtidos anteriormente pelo menor deles, neste caso **S = 0,02**. Portanto, a menor proporção de números inteiros aproximada, entre o número de mols de cada componente, foi de **C = 187; H = 256; O = 131; S = 1**.
- Levando-se em consideração que cada unidade glicosídica triacetilada, no derivado sulfoacetilado, contem 12 átomos de C, 16 átomos de H e 8 átomos de O e que a menor proporção entre o número de mols calculada para esses elementos a partir dos resultados de Análise Elementar foi de **C = 187; H = 256; O = 131**, é possível estimar que essas proporções encontram-se em aproximadamente 16 unidades de anidroglicose, visto que 187 átomos de C dividido por 12 átomos de C existentes em cada unidade glicosídica triacetilada é igual a aproximadamente 16. Portanto, pode-se estimar que exista um grupo sulfato para cada 16 unidades glicosídicas presentes na cadeia do derivado celulósico, visto que para aquelas proporções de C, H e O calculadas tinha-se 1 átomo de S.

- A partir da estimativa anterior foi possível determinar o GS_{sulf} do sulfato de acetato de celulose. Sendo o grau de sulfonação o valor médio de grupos sulfatos que substituem os hidrogênios dos grupos hidroxilas nas unidades glicosídicas e considerando que exista 1 grupo sulfato para cada 16 unidades glicosídicas tem-se que:

$$GS_{\text{sulf}} = \frac{1}{16} = 0,063$$

Comparando a porcentagem de enxofre das duas amostras analisadas (Tabela 9), percebe-se que para o sulfato de acetato de celulose esta porcentagem é aproximadamente 5,5 vezes maior que para o acetato de celulose, que apresenta apenas 0,12% de S. Esta pequena porcentagem de S para a amostra de acetato de celulose pode ser atribuída à rota sintética para preparação do acetato de celulose que utiliza o ácido sulfúrico como catalisador. Essa porcentagem, porém, não é suficiente para caracterizar o material como um derivado sulfoacetilado, visto que o derivado, que apresenta um GS_{acet} de $2,84 \pm 0,06$ (43,40% grupos acetila) é insolúvel em água, diferentemente do derivado sulfoacetilado, enquadrando-se portanto, no que é descrito pela literatura que acetatos de celulose são usualmente insolúveis em água para grau de substituição maior que 1 [31]. Já para o sulfato de acetato de celulose, mesmo apresentando um grau de acetilação maior que 1, a porcentagem de 0.65% de S foi suficiente para mudar as características físicas e químicas frente ao derivado acetilado, como por exemplo, a solubilidade em água que possivelmente pode ser atribuída à contribuição dos grupos sulfatos.

IV.2.3- Ressonância Magnética Nuclear (RMN de ^{13}C)

A Figura 30 mostra o espectro de Ressonância Magnética Nuclear de ^{13}C do sulfato de acetato de celulose no estado sólido. As linhas de ressonância para o derivado podem ser atribuídas a $\text{C}=\text{O}$ (175 ppm), ao C_1 (101 ppm), ao C_6 (65 ppm) e ao CH_3 (21 ppm). O conjunto de linhas de ressonância situado em 70 - 82 ppm pertence ao C_2 , C_3 e C_5 . De acordo com a literatura [31], os grupos sulfatos em derivados de sulfato de acetato celulose estão situados na posição 6 do anel glicosídico. A banda no espectro de IV em 807 cm^{-1} confirma esta observação. O deslocamento químico da linha de ressonância do RMN de ^{13}C para o C_6 pode dar informações adicionais de mudanças quando comparado com o espectro de RMN de ^{13}C de acetatos de celulose. Por exemplo, um triacetato de celulose comercial mostra uma linha de ressonância em 63.4 ppm [61] enquanto a do sulfato de acetato de celulose é em 65 ppm, o que sugere que a substituição do grupo sulfato com relação ao C_6 do anel glicosídico desloca o pico de ressonância para o campo baixo.

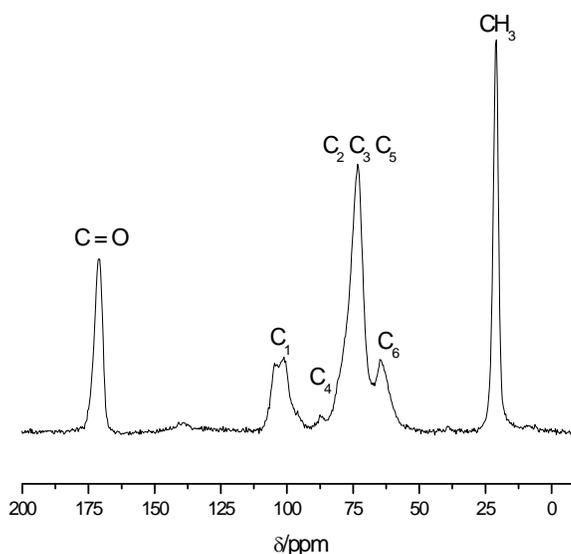


Figura 30: Espectro de RMN de ^{13}C do sulfato de acetato de celulose no estado sólido.

O espectro de RMN pode ser utilizado também para confirmar o GS_{acet} obtido por via química. Se a linha de ressonância da $C=O$ (175 ppm) for expandida e se a região de 170 ppm a 175 ppm for analisada (Figura 31) percebe-se claramente a contribuição de três linhas de ressonância para o carbono da carbonila. Esse desdobramento em três linhas se deve a substituição de grupos acetila no C6, C3 e C2, o que confirma o alto grau de acetilação obtido por via química.

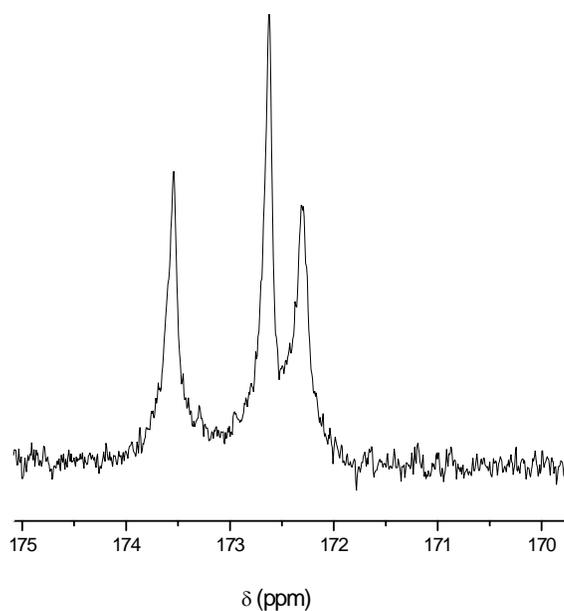


Figura 31: Espectro de RMN de ^{13}C do sulfato de acetato de celulose no estado sólido, referente à região de 170 ppm a 175 ppm.

IV.2.4- Viscosidade reduzida

A Figura 32 mostra a viscosidade reduzida em função da concentração para o sulfato de acetato de celulose. Observa-se que para concentrações acima de 1 mg/mL a viscosidade reduzida aumenta ligeiramente em função da concentração. Entretanto, a viscosidade reduzida aumenta para concentrações mais diluídas, abaixo de 1 mg/mL,

indicando o efeito de polieletrólito devido a presença de grupos iônicos sulfatos, como já reportado na literatura [29].

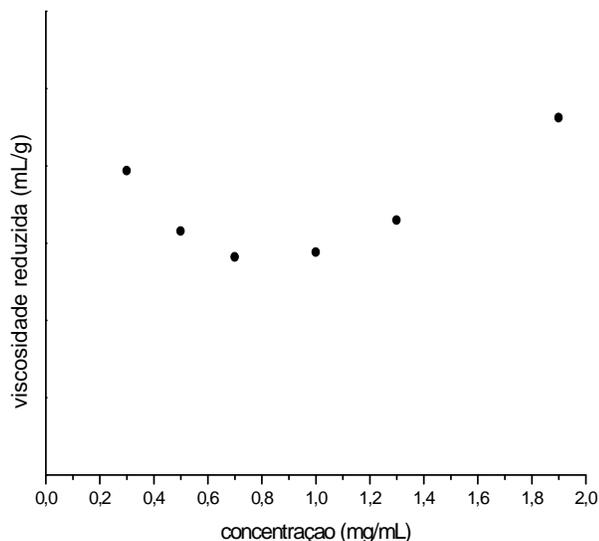


Figura 32: Determinação da viscosidade reduzida em água a 25°C do sulfato de acetato de celulose.

Para efeito de comparação, a Figura 33, mostra a viscosidade reduzida em função da concentração para o acetato de celulose. Nota-se que existe uma relação linear crescente entre os dois parâmetros, diferentemente da relação apresentada para o sulfato de acetato de celulose. Essa significativa diferença, possivelmente se deve a contribuição dos grupos iônicos sulfatos, presentes no sulfato de acetato de celulose e não no acetato de celulose. Portanto, a viscosidade reduzida, juntamente com o espectro de IV, Análise Elementar e RMN de ^{13}C , indicam a presença de grupos iônicos sulfatos na amostra de sulfato de acetato de celulose.

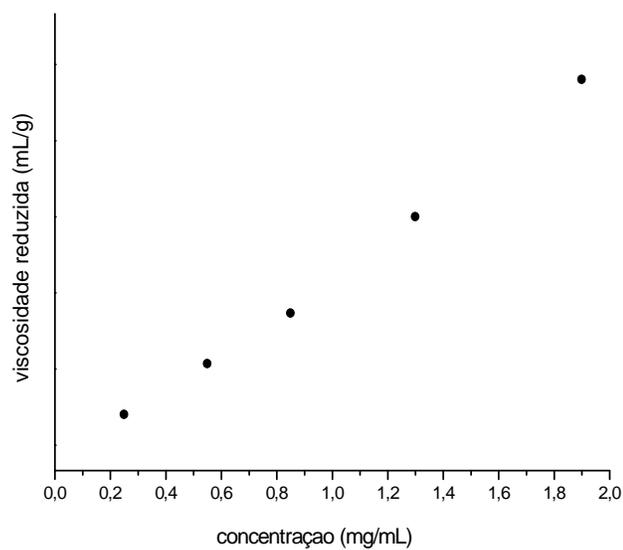


Figura 33: Determinação da viscosidade reduzida em água a 25°C do acetato de celulose.

IV.2.5- Difratometria de Raios-X (DRX)

Na Figura 34 é apresentado o difratograma de Raios-X para o sulfato de acetato de celulose.

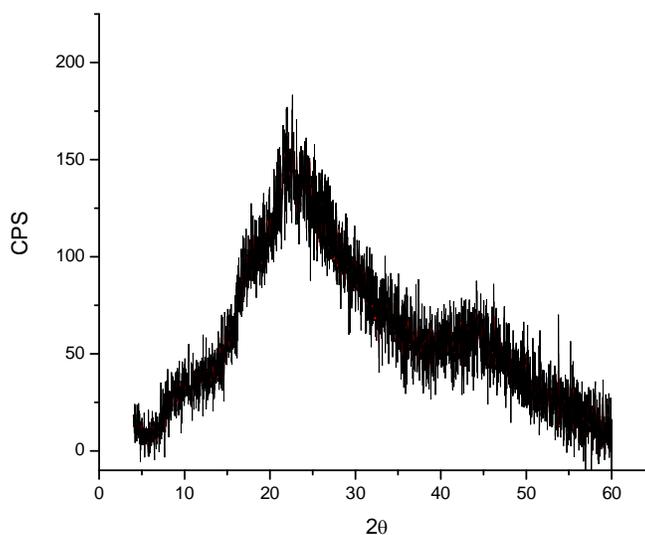


Figura 34: Difrátograma de Raios-X do sulfato de acetato de celulose.

Pode-se observar que o material em estudo apresenta um padrão de difração de raios-X fundamentalmente amorfo. Este apresenta um halo pronunciado com máximo em aproximadamente $2\theta = 22^\circ$, o qual é conhecido como halo de van der Waals, e está presente nos padrões de espalhamento de todos os materiais que apresentam fase amorfa. Este halo parece corresponder a um espaçamento entre as cadeias, ou seja, ele representa uma distância média da maior aproximação entre os átomos de carbono em moléculas diferentes. Observa-se ainda um halo menos intenso cujo máximo se encontra por volta de 42° , cuja atribuição é incerta [62].

Vale ressaltar que difratogramas de raios-X para acetatos de celulose, apresentam um halo bem pronunciado em $2\theta = 10^\circ$, característico do ordenamento de paralelismo de cadeia, o que é observado com baixa intensidade para o sulfato de acetato de celulose. Isto é mais uma comprovação de que o material em estudo, não pode ser simplesmente um acetato de celulose, e indica também que possivelmente a entrada de grupos sulfatos deixa a matriz mais amorfa devido às diferenças entre os grupos que dificulta o empacotamento das cadeias. Uma matriz mais amorfa traz como implicação uma maior solubilidade do material apesar do mesmo ser bastante substituído em relação aos grupos acetila.

IV.2.6- Análise Termogravimétrica (TGA)

Na Figura 35 encontra-se a curva de TGA do sulfato de acetato de celulose em atmosfera de nitrogênio.

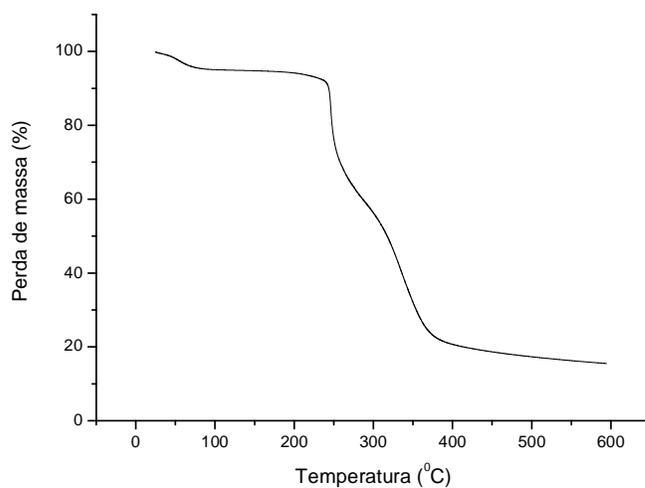


Figura 35: Termograma de TGA do sulfato de acetato de celulose, em atmosfera de nitrogênio.

A Figura 36 apresenta a curva de DTG, Derivada da Termogravimetria, para o sulfato de acetato de celulose.

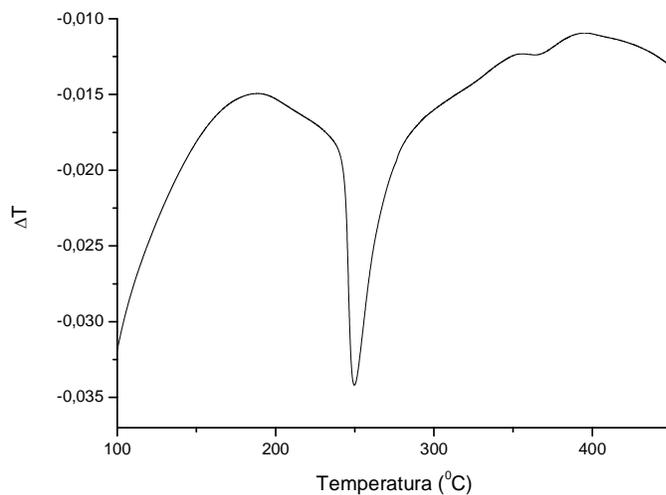


Figura 36: Curva DTG do sulfato de acetato de celulose.

A partir da curva termogravimétrica da amostra de sulfato de acetato de celulose, observa-se uma perda de massa inicial atribuída à dessorção de água a partir da estrutura

do polissacarídeo, que correspondeu a uma perda de massa de 7,6%. O segundo e o terceiro evento podem ser observados entre 240 ° a 282 °C e 300 ° a 384 °C, respectivamente, os quais correspondem aos processos de degradação como despolimerização e decomposição da unidade de glicose. Esses dois processos de degradação juntos somam 65,4% de perda de massa. Um quarto evento ocorre entre 385 ° e 591 °C e é atribuído a carbonização dos produtos degradados à cinza. Observou-se aproximadamente 16% do resíduo em 600 °C.

A degradação térmica do acetato de celulose é reportada na literatura como ocorrendo em três estágios [17]. Da temperatura inicial de varredura, temperatura ambiente, a temperatura próxima de 100 °C ocorre evaporação de água absorvida no material. A segunda etapa ocorre entre 330 ° e 500 °C, principal faixa de degradação térmica do material onde ocorre a degradação das cadeias do acetato de celulose e saída de matéria volátil. Próximo de 500 °C e em temperaturas superiores ocorre a carbonização dos produtos degradados a cinzas, que corresponde à terceira etapa da degradação térmica dos acetatos de celulose.

Analisando a curva DTG para o sulfato de acetato de celulose observa-se um máximo de taxa de perda de massa próximo a 250 °C e outro bem menos pronunciado em aproximadamente 360 °C. Essa última temperatura está dentro da faixa de temperatura de degradação dos materiais acetilados. Nessa faixa de temperatura, ocorre a cisão das ligações glicosídicas, clivagem do anel glicosídico e volatilização do grupo acetato na forma de ácido acético. Ocorre também a formação de produtos insaturados como mostra o mecanismo ilustrado na Figura 37 [17]. Porém a degradação em 250 °C, não aparece para materiais acetilados, indicando que o material em estudo não pode ser apenas um acetato de celulose e que essa degradação é possivelmente atribuída à incorporação de grupos sulfatos nas unidades glicosídicas.

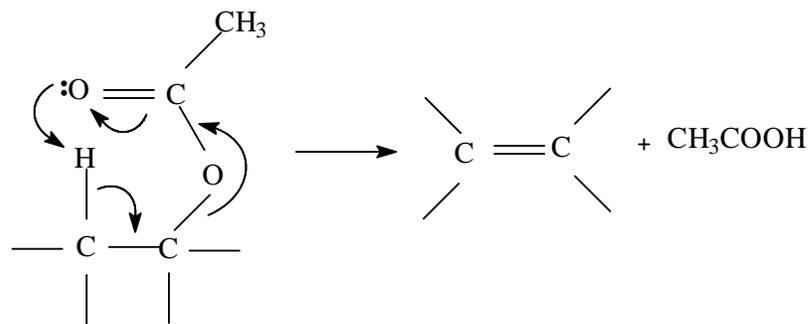


Figura 37: Mecanismo proposto para a formação de ácido acético [17].

IV.3- Estudo da aplicação do sulfoacetato de celulose como aditivo na construção civil

Soluções aquosas de sulfato de acetato de celulose foram testadas como aditivo em argamassas de cimento Portland. A solução com maior concentração que se consegue produzir para a amostra de SAC é de 3% m/m. Concentrações menores não são suficientes para um aumento da viscosidade do meio. As razões polímero/cimento avaliadas foram 0,20%, 0,60% e 1,00% (m/m), as quais estão dentro da faixa recomendada comercialmente, que é entre 0,05% e 1,20% [45]. Para esse propósito, foi avaliada a trabalhabilidade (através da medida do índice de consistência), resistência mecânica à compressão e resistência potencial de aderência à tração em relação a uma referência, ou seja, sem a solução de sulfato de acetato de celulose.

IV.3.1- Índice de Consistência

O aumento na trabalhabilidade da argamassa foi avaliado através do índice de consistência (IC), apresentado na Tabela 10. As medidas do IC foram feitas em triplicata, tanto para as amostras de referências, quanto para as com polímero.

Tabela 10: Resultados de Índice de Consistência.

Amostra	Consistência (mm)
Referência 1	180,6 ± 0,1
SAC 0,20%	204,6 ± 3,1
Referência 2	163,6 ± 0,2
SAC 0,60%	176,3 ± 0,1
Referência 3	168,1 ± 0,2
SAC 1,00%	254,4 ± 1,1

A adição das soluções aquosas de sulfato de acetato de celulose nas razões 0,20%, 0,60% e 1,00% (m/m) polímero/cimento, resultou em um aumento de 13,30%, 13,80% e 51,30%, respectivamente no IC, quando comparados às referências. Esse aumento se deve a melhora na mistura dos componentes da argamassa devido à melhor lubrificação do sistema, que se baseia possivelmente em fenômenos de adsorção do polieletrólito pelas partículas de cimento. Neste processo, o polieletrólito com grupos sulfônicos ligados à cadeia se adsorve às partículas de cimento conferindo a estas, carga líquida negativa. A adsorção do polímero às partículas de cimento provoca além da repulsão eletrostática, repulsão estérica devido ao grande comprimento das cadeias poliméricas adsorvidas, conforme mostrado na Figura 38. Esses dois efeitos combinados impedem a floculação do sistema cimentício, favorecendo a dispersão em água das partículas de cimento, melhorando assim a fluidificação e a trabalhabilidade do sistema [45, 46, 48, 63]. O maior desempenho da solução 1,00% ocorre possivelmente devido à maior concentração de polímero e por consequência a maior quantidade de polieletrólito presente no sistema cimentício.

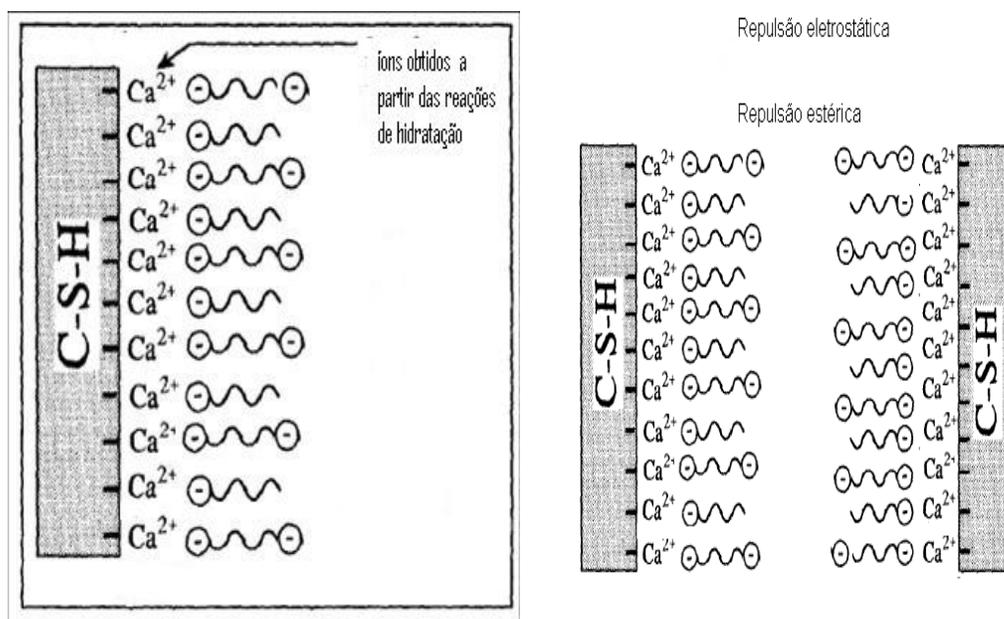


Figura 38: Mecanismo de ação do SAC no sistema cimentício.

Vale ressaltar que para todas as razões estudadas observa-se um aspecto homogêneo, uma maior coesão e fluidificação da argamassa com SAC em comparação às argamassas de referências. A Figura 39 mostra as argamassas depois do ensaio de índice de consistência, para a razão polímero/cimento 1,00%.

Com o uso do polímero, verifica-se que a viscosidade da mistura aumenta e a mesma começa a apresentar um aspecto coesivo, “pegajoso”. O aumento na viscosidade do sistema cimentício pode ser atribuído ao impedimento ao movimento da água, devido à formação de gel. O principal mecanismo responsável pela formação de gel é o fortalecimento da associação hidrofóbica entre as cadeias poliméricas e as partículas de cimento [13].

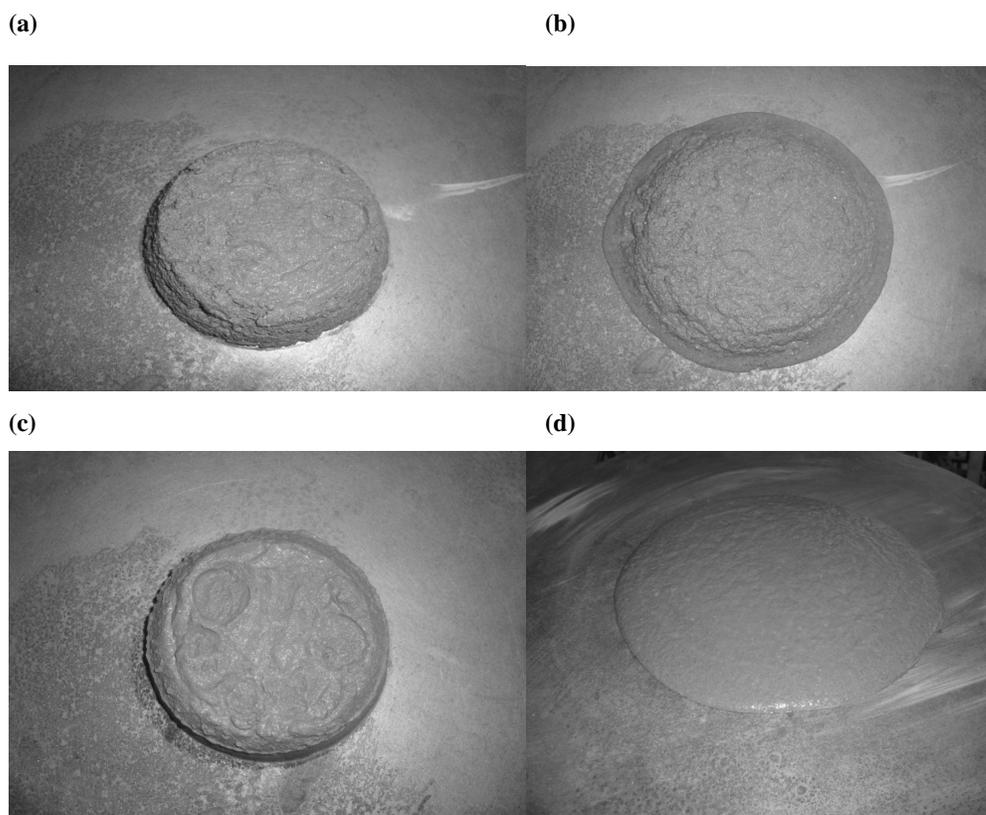


Figura 39: Ensaio de índice de consistência: Argamassa referência (a) antes e (b) após o ensaio e argamassa com o polímero (1,00%) (c) antes e (d) após o ensaio.

A trabalhabilidade da argamassa influencia diretamente nas condições de manipulação da mesma, facilitando a sua aplicação. Na Figura 40, observa-se a maior trabalhabilidade da argamassa com sulfato de acetato de celulose em relação à referência, que visivelmente se apresenta com um aspecto mais arenoso, menos disperso e fluido, em comparação à argamassa com o polímero.

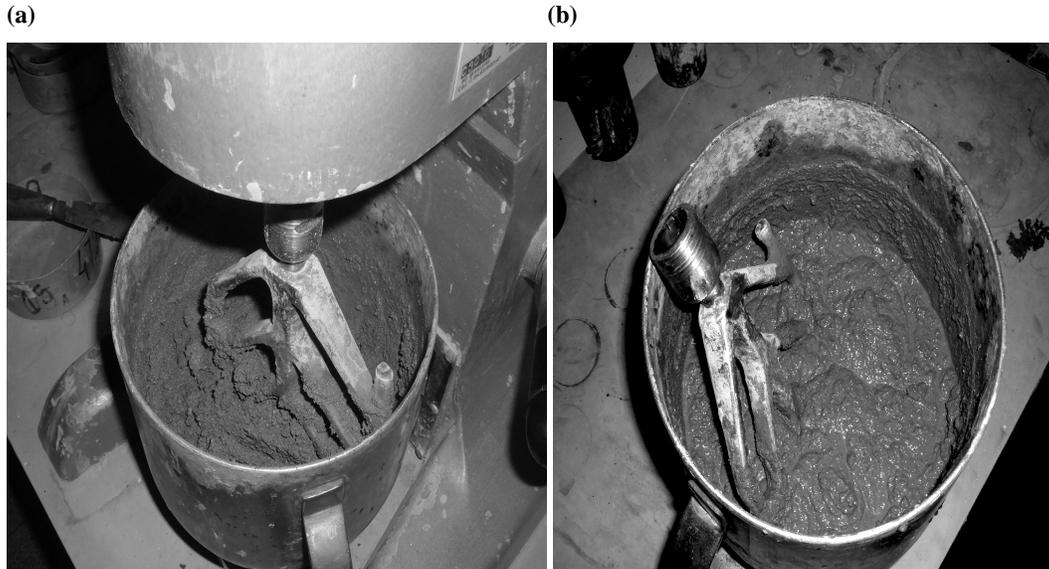


Figura 40: Análise da trabalhabilidade da (a) Argamassa sem adição de polímero (referência) e (b) Argamassa com polímero (SAC 1,00%) após serem preparadas no misturador mecânico.

IV.3.2- Resistência Mecânica à Compressão

A Resistência Mecânica dos corpos-de-prova com polímero foi avaliada. Os resultados obtidos após 7 e 28 dias de cura normal estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Avaliação dos valores de Resistência à Compressão das argamassas referências e com o polímero.

Amostra	Resistência à compressão (MPa)	
	7 dias	28 dias
Referência 1	13,01 ± 0,48	16,09 ± 0,30
SAC 0,20%	13,83 ± 1,19	16,12 ± 0,27
Referência 2	12,88 ± 2,09	16,99 ± 1,50
SAC 0,60%	13,37 ± 3,84	17,04 ± 0,27
Referência 3	10,72 ± 1,04	13,02 ± 0,60
SAC 1,00%	5,27 ± 0,29	8,22 ± 0,83

O uso do sulfato de acetato de celulose como aditivo levou a um ligeiro aumento na resistência mecânica à compressão para as razões polímeros/cimento de 0,20% e 0,60%, enquanto que para a razão de 1,00% a resistência mecânica apresentou uma redução significativa. Com as dosagens de polímero de 0,20% e 0,60% teve-se um aumento de 6,27% e 3,84% aos 7 dias de cura e de 0,18% e 0,31% aos 28 dias de cura, respectivamente, na resistência mecânica à compressão e para a razão de 1,00% teve-se uma redução de 50,84% e 36,87% aos 7 e 28 dias de cura respectivamente, na resistência mecânica à compressão. A melhora no processo de dispersão das partículas de cimento, com a adição do polímero, favorece a formação dos compostos de hidratação do cimento responsáveis pelo ganho de resistência [48], nos corpos-de-prova com 0,20 e 0,60% (m/m) polímero/cimento. A diminuição da resistência mecânica para a razão polímero/cimento de 1,00% é justificada pela maior porosidade dos corpos-de-prova com essa relação, em comparação com os demais. Isso porque existe uma relação fundamental inversa entre porosidade e resistência, ou seja, quanto maior a porosidade da argamassa menor será sua resistência mecânica a compressão [46].

IV.3.3- Resistência Potencial de Aderência à Tração

As propriedades adesivas das argamassas com polímero foram avaliadas. Os resultados obtidos após 28 dias de cura normal estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Resistência Potencial de Aderência à Tração das argamassas referências e com o polímero.

Amostra	Resistência Potencial de aderência à tração (MPa)
Referência 1	0,80 ± 0,08
SAC 0,20%	0,82 ± 0,08
Referência 2	0,57 ± 0,19
SAC 0,60%	0,69 ± 0,20
Referência 3	0,30 ± 0,07
SAC 1,00%	0,34 ± 0,09

Com as dosagens de polímero de 0,20%, 0,60% e 1,00% obteve-se um aumento de 2,50%, 21,05% e 13,30% respectivamente, na resistência potencial de aderência à tração em relação à referência, sem o polímero. Percebe-se que a razão polímero/cimento de 0,20% não altera significativamente as propriedades adesivas da argamassa, enquanto que a razão de 0,60% teve o melhor desempenho.

O valor da resistência potencial de aderência à tração para as argamassas avaliadas estão todos na faixa de argamassas com alto desempenho encontrado na classificação de argamassas para assentamento de azulejos e revestimento de paredes e tetos, de acordo com a ABNT NBR 15258/2005 [55], onde argamassas com melhor desempenho apresentam um valor de resistência potencial de aderência à tração maior ou igual a 0,30 MPa [45].

Verifica-se, portanto, que além das mudanças na argamassa fresca descritas anteriormente, a adição de polímero à argamassa facilita o processo de assentamento no bloco e melhora a própria adesão ao substrato poroso, durante a realização do teste de aderência, conforme ilustrado na Figura 41. Analisando a figura, observa-se um aspecto homogêneo, uma maior coesão e fluidificação da argamassa com SAC em comparação à argamassa de referência. Isso acontece devido à adsorção do polieletrólito pelas partículas de cimento que confere a estas, carga líquida negativa, provocando repulsão entre as partículas de cimento favorecendo sua dispersão em água e evitando a floculação do cimento. O aditivo polimérico provoca também mudanças no estado curado com a melhora da adesão, a qual é refletida pelo aumento nas resistências potenciais de aderência à tração.

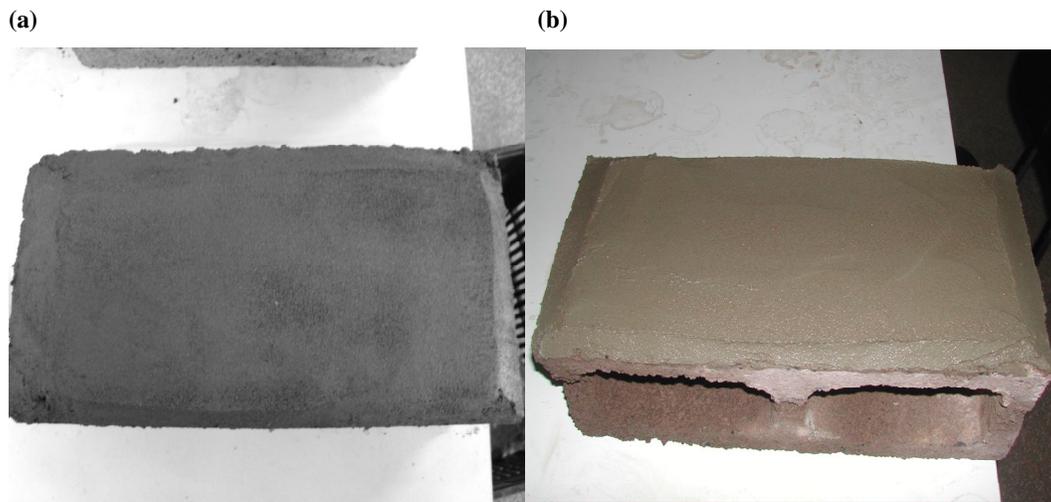


Figura 41: Avaliação da trabalhabilidade da (a) Argamassa sem adição de polímero (referência) e (b) Argamassa com polímero (SAC 1,00%) após serem aplicadas ao substrato poroso para a realização do Ensaio de Aderência à Tração.

Analisando em conjunto todos os resultados obtidos para a aplicação na construção civil, conclui-se que a melhor dosagem de sulfato de acetato de celulose avaliada foi de 0,60% polímero/cimento, visto que essa razão apresentou resultados

satisfatórios em todos os ensaios realizados. Em contrapartida, a razão de 0,20% de polímero/cimento mostrou ser adequada para promover um aumento na resistência mecânica à compressão e na trabalhabilidade do sistema, não alterando significativamente a resistência potencial de aderência à tração, enquanto que a razão de 1,00% mostrou melhorar a trabalhabilidade do sistema, a resistência potencial de aderência à tração, diminuindo, porém a resistência mecânica à compressão consideravelmente. A melhor relação polímero/cimento encontrada nesse estudo é a mesma escolhida por Fu e Chung [64] como a melhor dosagem para o uso da metilcelulose como aditivo em ensaios, visto que foi a dosagem que apresentou uma significativa melhoria em um parâmetro desejado, com uma alteração negativa de pouca significância em relação ao outro parâmetro físico importante no sistema, tal como a resistência à compressão.

O Grupo de Reciclagem de Polímeros da Universidade Federal de Uberlândia (GRP-UFU) vem estudando também, a aplicação de outro derivado celulósico, obtido da celulose extraída do bagaço de cana-de-açúcar, como aditivo para argamassas na construção civil. Para esse estudo foi utilizado uma suspensão aquosa de metilcelulose na razão polímero/cimento 0,60% (m/m) [45]. A adição da suspensão aquosa de metilcelulose resultou em um aumento de 40,37% no IC e de 27,70% na resistência potencial de aderência à tração da argamassa, quando comparado à referência, sem o polímero. Um aspecto importante para explicar esses aumentos é a melhora na mistura dos componentes da argamassa, devido à melhor lubrificação do sistema com o polímero. Já a resistência mecânica a compressão dos corpos de prova com metilcelulose, diminuiu 32,14% aos 7 dias de cura e 48,63% aos 28 dias de cura, em comparação à referência.

Os resultados de IC e das propriedades adesivas da argamassa contendo metilcelulose, têm se mostrado melhores do que os resultados obtidos como o sulfato de acetato de celulose, para o qual o IC e a resistência potencial de aderência à tração da argamassa com o polímero aumentam 13,80% e 21,05%, respectivamente, em relação à referência. A utilização do sulfato de acetato de celulose se justifica, porém, pelo fato de que a resistência mecânica à compressão da argamassa contendo metilcelulose diminui significativamente em relação à referência, enquanto que para o SAC a resistência mecânica da argamassa com o polímero apresenta um ligeiro aumento. Isso é importante do ponto de vista que para o SAC consegue-se uma significativa melhora no IC e nas propriedades adesivas da argamassa sem alterar negativamente um parâmetro físico importante no sistema, tal como a resistência mecânica à compressão. Além disso, o processo para a produção do SAC é mais barato do que a síntese da metilcelulose, o que influencia diretamente no preço final de mercado para o aditivo.

Capítulo V. Conclusões

A celulose extraída do bagaço de cana-de-açúcar é uma alternativa viável para a produção do sulfato de acetato de celulose, através da acetilação e sulfonação simultânea da celulose. Verificou-se que somente um dos derivados obtidos no processo de síntese, apresentou a banda característica de grupos sulfato (807 cm^{-1}) no espectro de infravermelho, sendo então o derivado sulfoacetilado. Os resultados indicaram que o material em estudo apresentou um GS_{sulf} de 0,063, o que equivale a presença de 0,65% de grupos sulfato no material, responsáveis possivelmente pela solubilidade do material. Os grupos sulfato na amostra de sulfato de acetato de celulose além de deslocarem a posição do C6 para um campo mais baixo no espectro de RMN de ^{13}C , devido à desblindagem do carbono ocasionada pela incorporação desses grupos eletronegativos, fez com que o derivado apresentasse um padrão de difração de raios-X fundamentalmente amorfo, devido a presença de um halo pronunciado em aproximadamente $2\theta = 22^\circ$, além de contribuir para que a viscosidade reduzida aumentasse para concentrações mais diluídas (abaixo de 1 mg/mL).

Além disso, a boa solubilidade do derivado sulfoacetilado, atribuída à contribuição dos grupos sulfatos, permitiu a sua aplicação como aditivo para argamassas na construção civil. Baseado nos resultados dos ensaios verificou-se que a melhor razão polímero/cimento a ser utilizada é de 0,60% m/m, visto que para essa dosagem houve uma melhora significativa nos valores de consistência, resistência potencial de aderência à tração da argamassa e um pequeno aumento nos valores de resistência mecânica a compressão em relação ao valor da argamassa sem o polímero. Esses resultados indicam que o sulfato de acetato de celulose produzido a partir da celulose extraída do bagaço de cana-de-açúcar, pode ser eficientemente usado como aditivo melhorador da trabalhabilidade e das propriedades adesivas da argamassa.

Capítulo VI. Propostas para trabalhos futuros

- Testar novas concentrações do sulfato de acetato de celulose na construção civil, a fim de se efetuar uma varredura mais precisa em torno da razão polímero/cimento de 0,60% (m/m);
- Realizar os ensaios na construção civil alterando o tipo de cimento empregado na preparação da argamassa e o substrato empregado na realização dos testes de aderência;
- Efetuar a síntese do sulfato de acetato de celulose usando o ácido sulfúrico fumegante como agente sulfonante, e posteriormente aplicá-lo como aditivo para argamassas e concretos na construção civil.

Capítulo VII. Trabalhos oriundos dessa dissertação

- Aplicação do sulfoacetato de celulose obtido do bagaço de cana-de-açúcar como aditivo na construção civil, in: 10º Congresso Brasileiro de Polímeros - CBPol, Foz do Iguaçu-PR, Brasil, 13 a 17 de outubro de 2009; (em anexo)

- Application of cellulose sulfoacetate obtained from sugarcane bagasse as additive in mortars, Polymer Bulletin, submetido, 2010; (em anexo)

Capítulo VIII. Referências Bibliográficas

- [1] FRANCO, M. M. Aplicação de técnicas de análise espacial para a avaliação do potencial de produção de eletricidade a partir de sub-produtos da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. 2008, 180 f.. Dissertação (Mestrado em Planejamentos de Sistemas Energéticos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [2] http://pt.engormix.com/MA-avicultura/noticias/minas-ultrapassa-parana-producao_15192.htm, (acessado em 16/07/09).
- [3] CONAB – Companhia nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2009. Brasília, 2009.
- [4] <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=25930> , (acessado em 16/07/09).
- [5] GURGEL, L. V. A. Mercerização e modificação química de celulose e bagaço de cana-de-açúcar com anidrido succínico e trietilenotetramina: Preparação de novos materiais quelantes para a adsorção de Pb(II), Cd(II), Cr(VI) e Cu(II). 2007, 203 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- [6] SARMIENTO, C. R. Argamassa de cimento reforçada com fibras de bagaço de cana-de-açúcar e sua utilização como material de construção. 1996, 120 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [7] RABELO, S. C. Avaliação de desempenho de pré-tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino para a hidrólise enzimática de bagaço de cana-de-açúcar. 2007, 180 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [8] Brazilian Symposium Chemistry Lignins and other Wood Components. 6, 1999, Guaratinguetá – SP, Brasil: Livro de Resumos. Preparation of sugarcane bagasse hydrolysates for alcoholic fermentation by yeasts.

- [9] International Non-Wood Fiber Pulping and Papermaking Conference. 3, 1996, Pequim, China. Pulp and paper development from sugar cane bagasse. P. 231-240.
- [10] RODRIGUES FILHO, G., DA CRUZ, S. F., PASQUINI, D., CERQUEIRA, D. A., PRADO, V. S., ASSUNÇÃO, R. M. N. Water flux through cellulose triacetate films produced from heterogeneous acetylation of sugar cane bagasse. *Journal of Membrane Science*, 177, 225–231, 2000.
- [11] VIEIRA, R. G. P. Síntese e caracterização da metilcelulose a partir da metilação heterogênea do bagaço de cana-de-açúcar. 2004. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- [12] D'ALMEIDA, M. L. O. Celulose e papel - Tecnologia de fabricação da pasta celulósica, São Paulo, IPT, 1988.
- [13] VIEIRA, J. G. Síntese e caracterização da metilcelulose, a partir do bagaço de cana-de-açúcar, para utilização como aditivo na construção civil. 2009, 81 f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- [14] EDGAR, K. J.; BUCHANAN, C. M.; DEBENHAM, J. S.; RUNDQUIST, P. A.; SILLER, B. D.; SHELTON, M. C.; TINDALL, D. Advance in cellulose ester performance and application *Progress. Polymer Science*, 26, 1605- 1688, 2001.
- [15] MEIRELES, C. S. Síntese e caracterização de membranas de acetato de celulose, obtido do bagaço de cana-de-açúcar, e blendas de acetato de celulose com poliestireno de copos plásticos descartados. 2007, 80 f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- [16] SALIBA, E. O. S., RODRIGUEZ, N. M., MORAIS, S. A. L., VELOSO, D. P. Ligninas-Métodos de obtenção e caracterização química. *Ciência Rural*, 31, 917-928, 2001.

- [17] MONTEIRO, D. S. Reciclagem química do jornal para a produção de membranas de acetato de celulose pelo processo de acetilação homogêneo. 2007, 76 f.. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- [18] SILVA, R., HARAGUCHI, S. K., MUNIZ, E. C., RUBIRA, A. F. Aplicação de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. *Química Nova*, 32, p. 661-671, 2009.
- [19] KOSAKA, P. M. Aplicações e caracterização de ésteres de celulose. 2007, 151 f.. Tese (Doutorado em Química), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [20] RODRIGUES FILHO, G., ASSUNÇÃO, R. M. N., VIEIRA, J. G., MEIRELES, C. S., CERQUEIRA, D. A., BARUD, H. S., RIBEIRO, S. J. L., MESSADEQ, Y. Characterization of methylcellulose produced from sugar cane bagasse cellulose: Crystallinity and thermal properties. *Polymer Degradation and Stability*, 92, 205-210, 2007.
- [21] RODRIGUES FILHO, G., SILVA, R. C., MEIRELES, C. S., ASSUNÇÃO, R. M. N., OTAGURO, H. Water flux through cellulose triacetate films produced from heterogeneous acetylation of sugar cane bagasse. *Journal of Applied Polymer Science*, 96, 516-522, 2005.
- [22] MEIRELES, C. S., RODRIGUES FILHO, G., ASSUNÇÃO, R. M. N., ZENI, M., MELLO, K. Blend compatibility of waste materials-cellulose acetate (from sugarcane bagasse) with polystyrene (from plastic cups): Diffusion of water, IV, DSC, TGA, and SEM study. *Journal of Applied Polymer Science*, 104, 909-914, 2007.
- [23] CERQUEIRA, D. A., RODRIGUES FILHO, G., ASSUNÇÃO, R. M. N., MEIRELES, C. S., TOLEDO, L. C., ZENI, M., MELLO, K., DUARTE, J. Characterization of cellulose triacetate membranes, produced from sugarcane bagasse, using PEG 600 as additive. *Polymer Bulletin*, 60, 397 – 304, 2008.

- [24] OLIVEIRA, G. C. Síntese e caracterização de metilcelulose a partir da reciclagem química do jornal para uso na indústria da construção civil. 2009. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- [25] SHAIKH, H. M., PANDARE, K. V., NAIR, G., VARMA, A. J. Utilization of sugarcane bagasse cellulose for producing cellulose acetates: Novel use of residual hemicellulose as plasticizer. *Carbohydrate Polymers*, 76, 23-29, 2009.
- [26] WANG, ZHAO-MEI, LI, L., XIAO, KAI-JUN, WU, JIAN-YONG. Homogeneous sulfation of bagasse cellulose in an ionic liquid and anticoagulation activity. *Bioresource Technology*, 100, 1687-1690, 2009.
- [27] NASCIMENTO, B.; FILHO, G. R.; ASSUNÇÃO R. M. N.; FRIGONI, E. S.; REIS, E. C.; MEIRELES, C. S.; Congresso Brasileiro de Polímeros. 8, 2005, Águas de Lindóia - S.P, Brasil. Síntese e caracterização de sulfato de acetato de celulose a partir do bagaço de cana-de-açúcar. P. 425-426.
- [28] GOHDES, M.; MISCHINICK, P. Determination of substitution pattern in the polymer of cellulose sulfates. *Carbohydrate Research*, 309, 109-115, 1998.
- [29] CHAUVELON, G., BULÉON, A., THIBAUT, JEAN-FRANÇOIS, DOUBLIER, JEAN-LOUIS, SAULNIER, L. Preparation of sulfoacetate derivatives of cellulose by direct esterification. *Carbohydrate Research*, 338, 743 – 750, 2003.
- [30] THOMAS, M., CHAUVELON, G., LAHAYE, M., SAULNIER, L. Location of sulfate groups on sulfoacetate derivatives of cellulose. *Carbohydrate Research*, 338, 761 – 770, 2003.
- [31] AIKHOHODZAEV, B. I.; INOYATOVA, A. KH.; BERENSHTEIN, YE. I. *Vysokomol. Soedin., Ser. A*, 24, 1317-1321, 1982.

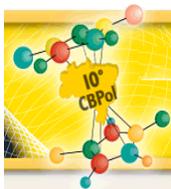
- [32] CHAUVELON, G., BULÉON, A., THIBAUT, JEAN-FRANÇOIS, DOUBLIER, JEAN-LOUIS, SAULNIER, L. Rheological properties of sulfoacetate derivatives of cellulose. *Carbohydrate Research*, 338, 751-759, 2003.
- [33] SILVA, A. C. Estudo da durabilidade de compósitos reforçados com fibras de celulose. 2002, 145 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo.
- [34] Workshop: Reciclagem de resíduos como materiais de construção civil. 1996, São Paulo, Brasil. Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos.
- [35] Tecnologia de edificações. 1988, São Paulo, Brasil. Utilização de sub-produtos e resíduos na indústria da construção civil.
- [36] VALLE, C. E. Qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo, 1995.
- [37] ZHAO, X., PENG, F., CHENG, K., LIU, D. Enhancement of the enzymatic digestibility of sugarcane bagasse by alkaliki-peracetic acid pretreatment. *Enzyme and Microbial Technology*, 44, 17-23, 2009.
- [38] MARTIN, C., KLINKE, H. B., THOMSEN, A. B. Wet oxidation as a pretreatment method for enhancing the enzymatic convertibility of sugarcane bagasse. *Enzyme and Microbial Technology*, 40, 426-432, 2007.
- [39] KHAN, M. A., ASHRAF, S. M., MALHOTRA, V. P. Development and characterization of a wood adhesive using bagasse lignin. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 24, 485-493, 2004.
- [40] LAVARACK, B. P., GRIFFIN, G. J., RODMAN, D. The acid hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose to produce xylose, arabinose, glucose and other products. *Biomass and Bioenergy*, 23, 367-380, 2002.

- [41] GURGEL, L. V. A., de FREITAS, R. P., GIL, L. F. Adsorption of Cu(II), Cd(II), and Pb(II) from aqueous single metal solutions by sugarcane bagasse and mercerized sugarcane bagasse chemically modified with succinic anhydride. *Carbohydrate Polymers*, 74, 922–929, 2008.
- [42] SHAIKH, H. M., PANDARE, K. V., NAIR, G., VARMA, A. J. Utilization of sugarcane bagasse cellulose for producing cellulose acetates: Novel use of residual hemicellulose as plasticizer. *Carbohydrate Polymers*, 76, 23–29, 2009.
- [43] LIU, C. F.; SUN, R. C.; ZHANG A. P.; REN, J. L. Preparation of sugarcane bagasse cellulosic phthalate using an ionic liquid as reaction medium. *Carbohydrate Polymers*, 68, 17-28, 2007.
- [44] GÁMEZ, S.; CABRIALES, J. J. G; RAMIREZ, J. A.; GARROTE, G.; VAZQUEZ, M. Study of hydrolysis of sugar cane bagasse using phosphoric acid. *Journal of Food Engineering*, 74, 78-88, 2006.
- [45] VIEIRA, J. G., OLIVEIRA, G. C., FILHO, G. R., MEIRELES, C. S., ASSUNÇÃO, R. M. N., CERQUEIRA, D. A., SILVA, W. G., MOTTA, L. A. C. Production, characterization and evaluation of methylcellulose from sugarcane bagasse for applications as viscosity enhancing admixture for cement based material. *Carbohydrate Polymers*, 78,779-783, 2009.
- [46] METHA, P., MONTEIRO, J. M. P. *Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais*, São Paulo, Ed. Pini, 1994.
- [47] NEVILLE, A. M. *Propriedades do Concreto*, São Paulo, Ed. Pini, 2 ° edição, 1997.
- [48] ROYER, B., ASSUNÇÃO, R. M. N.; FILHO, G. R.; MOTTA, L. A. C. Efeito da Aplicação do Poliestireno Sulfonado (PSSNa) como Aditivo em Argamassas e Concretos de Cimento Portland CPV32. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 15, 63-67, 2005.

- [49] OHAMA, Y. Polymer-based admixtures. *Cement and Concrete Research*, 20, 189-212, 1998.
- [50] VIEIRA, M. C., KLEMM, D., EINFELDT, L., ALBRECHT, G. Dispersing agents for cement based on modified polysaccharides. *Cement and Concrete Research*, 35, 883 – 890, 2005.
- [51] SILVA, D. A., MONTEIRO, P. J. M. The influence of polymers on the hydration of portland cement phases analysed by soft X-ray transmission microscopy. *Cement and Concrete Research*, 36, 1501 – 1507, 2006.
- [52] VIEIRA, R. G. P., FILHO, G. R., MEIRELES, C. S., ASSUNÇÃO, R. M. N., VIEIRA, J. G., OLIVEIRA, G. S. Synthesis and characterization of methylcellulose from sugar cane bagasse cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 67, 182–189, 2007.
- [53] FILHO, G. R., MONTEIRO, D. S., MEIRELES, C. S., ASSUNÇÃO, R. M. N., CERQUEIRA, D. A., BARUD, H. S., RIBEIRO, S. J. L., MESSADEQ, Y. Synthesis and characterization of cellulose acetate produced from recycled newspaper. *Carbohydrate Polymers*, 73, 74–82, 2008.
- [54] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência á compressão, Rio de Janeiro, 1996.
- [55] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15258/2005: Argamassa para revestimento de paredes e tetos. Determinação da resistência potencial de aderência a tração, Rio de Janeiro, 2005.
- [56] MORAIS S. A. L., NASCIMENTO, E. A., MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus Oocarpa* parte I: Estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. *Revista Arvore*, 29, 461-470, 2005.

- [57] PIETROBON, V. C. Hidrólise do bagaço de cana-de-açúcar pré tratado com ácido e álcali utilizando enzimas microbianas comerciais. 2008, 66 f.. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- [58] GOUVEIA, E. R., do NASCIMENTO, R. T., SOUTO-MAIOR, A. M., ROCHA, G. J. M. Validação da metodologia para a caracterização química de bagaço de cana-de-açúcar. *Química Nova*, 32, p. 1500-1503, 2009.
- [59] CARASCHI, J. C., CAMPANA FILHO, S. P., CURVELO, A. P. S. Preparação e caracterização de polpas para dissolução obtidas a partir de bagaço de cana-de-açúcar. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 3, 24-29, 1996.
- [60] FELÍCIO, R., DEBONSI, H. M., YOKOYA, N. S. 4-(Hidroximetil)-Benzenossulfonato de Potássio: Metabólico inédito isolado da alga marinha *Bostrychia tenella* (Rhodomelaceae, Cetamiales). *Química Nova*, 31, 837-839, 2008.
- [61] DOYLE, S., PETHRICK, R. A., HARRIS, R. K., LANE, J. M., PACKER, K. J., HEATLEY, F. ^{13}C nuclear magnetic resonance studies of cellulose acetate in the solution and solid states, *Polymer*, 27, 19-24, 1986.
- [62] CERQUEIRA, D. A. Determinação de um novo valor para a entalpia de fusão do cristal perfeito de acetato de celulose. 2006, 70 f.. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- [63] ASSUNÇÃO, R. M. N.; ROYER, B.; FILHO, G. R.; OLIVEIRA, J. S.; MOTTA, L. A. C. Synthesis, Characterization, and Application of the Sodium Poly(styrenesulfonate) Produced from Waste Polystyrene Cups as an Admixture in Concrete. *Journal of Applied Polymer Science*, 96, 1534–1538, 2005.
- [64] FU, X., CHUNG, D. D. L. Effects of silica fume, latex, methylcellulose, and carbon fibers on the thermal conductivity and specific heat of cement paste. *Cement and Concrete Research*, 27, 1799–1804, 1997.

Anexos



APLICAÇÃO DO SULFOACETATO DE CELULOSE OBTIDO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO ADITIVO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Bárbara Nascimento^{1*}, Guimes R. Filho¹, Daniel A. Cerqueira¹, Elaine S. Frigoni¹, Heline M. Soares¹, Leila A. C. Motta², Wanderly G. Silva², Rosana M. N. de Assunção³, Geandre C. Oliveira⁴

^{1*} *Instituto de Química - Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia-MG –
barbaraquimica@yahoo.com.br*

² *Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia-MG*

³ *Faculdade de Ciências Integradas do Pontal - FACIP, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Campus do Pontal, Ituiutaba-MG*

⁴ *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba, Uberaba-MG*

Neste trabalho foi investigada a modificação química do bagaço da cana-de-açúcar para a produção de um material que possa ser aplicado como aditivo para argamassas de cimento Portland (CPV ARI) na construção civil. A avaliação do sulfoacetato de celulose como aditivo foi baseada em ensaios de fluidez e resistência mecânica à compressão de corpos-de-prova. O material mostrou-se como um bom plastificante para argamassas, visto que melhora a sua consistência sem modificar a resistência mecânica da mesma.

Palavras-chave: *sulfoacetato de celulose, aditivo, argamassa, cimento.*

Application of cellulose sulfoacetate obtained from sugarcane bagasse as additive in civil construction

In this work was investigated the chemical modification of the sugarcane bagasse for the production of a material that can be used as admixture agent in mortars of Portland cement (CPV ARI) in civil construction. The evaluation of cellulose sulfoacetate as additive was based on results of fluidity and mechanical strength to compression of hardened mortar. The material behaved as a good plasticizing agent to mortars, as it increases the consistency index without considerable changes in the compressive strength.

Keywords: *Cellulose sulfoacetate, admixture, mortar, cement*

Introdução

A utilização da biomassa vegetal como fonte de matéria-prima para a produção de novos materiais vem despertando grande interesse devido a sua abundância e pelo fato de existirem muitas reservas renováveis [1]. Outras vantagens do uso das fibras naturais presentes na biomassa estão associadas à sua biodegradabilidade e à redução de densidade dos materiais produzidos a partir delas.

O bagaço da cana-de-açúcar é o maior resíduo da agroindústria brasileira. Estima-se que, a cada ano, sobrem de 5 a 12 milhões de toneladas deste material, que corresponde a

aproximadamente 30% da cana moída. O bagaço de cana contém cerca de 40% a 50% de celulose e essa é uma das vantagens para o seu aproveitamento.

A celulose é um biopolímero hidrofílico, o que geralmente exige que modificações sejam introduzidas em sua estrutura para torná-la compatível com os materiais sintéticos e para que possa ser mais facilmente processada e utilizada para a produção de derivados de grande uso comercial, como por exemplo na produção de membranas para processos de separação, aditivos para o concreto, aplicações farmacêuticas, etc. [2-4].

Um dos derivados celulósicos para o qual não se encontra aplicações descritas na literatura é o sulfoacetato de celulose. Esse derivado pode ser obtido a partir da reação de acetilação com a concomitante reação de sulfonação da celulose, quando o ácido sulfúrico é utilizado como catalisador da reação [4,5].

A incorporação de grupos sulfato nas unidades glicosídicas confere ao derivado uma elevada solubilidade em água. Essa solubilidade se deve a contribuição dos grupos sulfato que diminui a interação intramolecular inicial presente nas cadeias justapostas de glicose (ligação de hidrogênio), a qual não permitia que a celulose fosse solubilizada, já que essas interações eram inicialmente muito fortes. A solubilidade em água é um dos parâmetros principais para o uso deste polímero na construção civil como aditivo para o concreto. Uma vez que aditivos plastificantes para argamassas e concreto aumentam a trabalhabilidade dos sistemas no estado fresco, o que permite empregar menor quantidade de água para a preparação do concreto (concreto mais resistente) e/ou diminuir a quantidade de cimento empregada em uma obra (menor custo e diminuição de efeitos danosos devido a elevada liberação de calor durante a hidratação do concreto). As propriedades tensoativas de alguns polímeros permitem a melhora nos processos de dispersão de partículas, como as partículas de cimento, por exemplo, melhorando a trabalhabilidade das misturas [6, 7].

A viabilidade da produção do sulfoacetato de celulose a partir do bagaço de cana-de-açúcar já foi demonstrada conforme trabalho anterior [5]. No presente trabalho, o sulfoacetato de celulose foi aplicado na área da construção civil como um aditivo para argamassas.

Experimental

Obtenção da celulose a partir do bagaço de cana-de-açúcar

A celulose do bagaço de cana foi obtida a partir do processo de polpação do bagaço de cana-de-açúcar com a metodologia descrita na referência [8]. Esta metodologia utiliza um tratamento prévio com hidróxido de sódio 0,25M por 18 horas e um posterior refluxo com a mistura etanol/ácido nítrico (80%/20%, v/v), por 3 horas.

Síntese do sulfoacetato de celulose

A celulose obtida a partir do bagaço de cana-de-açúcar foi sulfoacetilada de acordo com a metodologia descrita na referência [5] que é uma adaptação do procedimento de Chauvelon et al [9].

Caracterização por espectroscopia na região do infravermelho (FTIR)

O material, na forma de pó, foi preparado na configuração de pastilhas de KBr, na proporção de 1:100 (m/m) e analisado em um equipamento Shimadzu IRPrestige-21 com resolução de 4 cm^{-1} e 28 varreduras.

Estudo da aplicação do sulfoacetato de celulose como aditivo na construção civil

Preparou-se uma argamassa feita de cimento Portland CPV ARI de acordo com a norma técnica brasileira NBR 7215 [10]. A argamassa foi preparada a partir da mistura dos componentes, cimento, areia e água, na proporção de 1000 g, 3930 g e 700 g respectivamente.

A partir das quantidades descritas acima, foram moldados 6 corpos-de-prova cilíndricos, com dimensões aproximadas de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro, para a argamassa de referência e 6 corpos-de-prova para a argamassa com o aditivo. Para a preparação dos corpos-de-prova com aditivo, mantiveram-se as mesmas proporções dos componentes da mistura, adicionando-se uma solução de sulfoacetato de celulose com concentração 0,6%.

No preparo das amostras com sulfoacetato de celulose fez-se um desconto de 40% na quantidade de água adicionada, isto significa que a água adicionada durante a preparação da argamassa foi menor do que 700 g, já que foram considerados 60% do conteúdo de água presente na solução.

A consistência das argamassas foi medida usando-se uma mesa para determinação do índice de consistência, de acordo com a norma técnica NBR 7215 [10]. A argamassa após a preparação foi colocada em uma forma troncocônica sobre uma mesa plana com uma manivela. Após o preenchimento, a forma foi retirada e em seguida a manivela da mesa foi movimentada 30 vezes por 30 s. O diâmetro da argamassa após o ensaio foi medido.

A resistência à compressão da argamassa foi determinada através da média dos resultados dos ensaios de 3 corpos-de-prova de cada uma das argamassas aos 7 e 28 dias de cura. A escolha destas idades da argamassa foi feita em relação aos processos de hidratação da argamassa e conseqüentemente ao ganho de resistência à compressão durante estes tempos.

Os testes de resistência à compressão foram realizados em uma máquina de ensaio mecânico de compressão Emic DL60000, onde 3 corpos-de-prova de referência sem aditivo e 3 corpos-de-prova com aditivo foram rompidos em cada uma das idades.

Resultados e Discussão

FTIR

O espectro de infravermelho do sulfoacetato de celulose na forma de pó pode ser visto na figura 1.

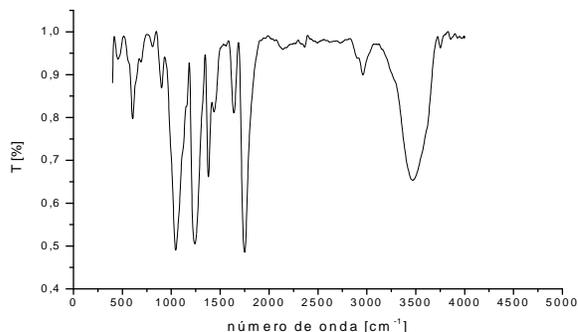


Figura 1 - FTIR do sulfoacetato de celulose

Analisando a figura 1 pode-se observar que houve a sulfonação do material pela presença da banda de grupos sulfatos localizada por volta de 1238 cm^{-1} (banda de um éster de sulfato atribuída aos estiramentos $\text{S}=\text{O}$ e $-\text{COSO}_3$ no infravermelho do sulfato de celulose [11]) e pela presença da banda característica dos grupos sulfatos que está localizada entre 800 e 820 cm^{-1} . Esta última banda citada está relacionada com a localização dos grupos sulfatos no C(6) do anel glicosídico [12].

Pode-se observar também, que houve uma acetilação do material através da intensa banda dos grupos carbonila por volta de 1750 cm^{-1} . Esses resultados confirmam a acetilação e a sulfonação do material, ou seja, houve uma substituição dos H das hidroxilas da celulose pelos grupos acetil e sulfato.

Comparando o espectro da figura 1 com o espectro do sulfoacetato de celulose já apresentado em trabalho anterior [5], verifica-se que a visualização de algumas bandas torna-se mais clara no espectro da figura 1. Isso pode ser explicado pelo estudo de procedimento que foi realizado, conseguindo-se então separar o derivado celulósico do acetato de sódio, obtido também na síntese, com mais eficiência. Esse resíduo poderia influenciar na visualização das bandas do espectro. Por exemplo, na região de 400 a 700 cm^{-1} observa-se uma diferença estrutural importante entre o espectro obtido atualmente e o espectro anterior, sendo que no material obtido após o estudo (Figura 1) a região apresenta uma melhor definição. Esta região é relacionada com as estruturas do material referentes às absorções dos grupos hidroxilas e, portanto, nos derivados refletem as substituições que foram realizadas.

Estudo da aplicação do sulfoacetato de celulose como aditivo na construção civil

Avaliou-se a consistência da argamassa, obtendo-se abatimento do tronco de cone de 160,80 mm para a argamassa - referência e 176,90 mm para a argamassa aditivada. Com base nesses resultados, pode-se perceber que a adição do polímero resultou em um aumento de 10% na consistência plástica da argamassa. Sabe-se que a quantidade de água, utilizada na preparação da argamassa, está diretamente relacionada ao índice de consistência, ou seja, mais água, maior trabalhabilidade da argamassa fresca [13].

Foi realizada também uma avaliação da resistência à compressão das argamassas com aditivo, no período de 7 e 28 dias de cura. Os valores de resistência encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Avaliação dos valores de resistência à compressão de cimento CPV ARI.

Argamassa	Resistência à compressão (MPa)	
	7 dias	28 dias
Referência	17,76($\pm 0,5$)	24,88($\pm 0,9$)
Sulfoacetato de celulose	17,92($\pm 0,9$)	21,15($\pm 2,0$)

Com base nos resultados da Tabela 1, pode-se perceber que aos 7 dias de idade, os valores de resistência à compressão para os corpos de prova com aditivo e para os sem aditivo (referência), foram praticamente iguais. Enquanto que para 28 dias de idade, a referência apresentou um valor um pouco maior que a argamassa aditivada. Esse aumento se explica pela formação de pequenos poros na argamassa com aditivo, visto que existe uma relação fundamental inversa entre porosidade e resistência, ou seja, quanto maior a porosidade da argamassa menor será sua resistência mecânica à compressão [14]. Entretanto, essa diferença não é tão significativa quando comparado ao benefício obtido na trabalhabilidade da amostra.

Conclusão

O sulfoacetato de celulose mostrou-se como um bom aditivo plastificante visto que aumentou a consistência da argamassa sem provocar variações consideráveis na resistência à compressão, indicando que a sua utilização como aditivo pode ser considerada viável.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, “Projeto Casadinho” (UFU/UFMG/UFMS 620181/2006-0), à FAPEMIG, e à FINEP/SEBRAE convênio 0535/07 Ref. 3119/06, pelo apoio financeiro. Nascimento agradece à CAPES pela bolsa de mestrado e Cerqueira pela bolsa de doutorado com

Sandwich/Coimbra-Portugal BEX0368/07-5. Soares agradece pela bolsa PIBIC CNPq Projeto A-026/2007 e Frigoni agradece pela bolsa PIBIC FAPEMIG Projeto A-022/2007.

Referências Bibliográficas

1. R.M. Rowell; D.F. Caulfield; G. Chen; W.D. Ellis; R.E. Jacobson in Proceedings of Second International Symposium on Natural Polymer and Composites, Atibaia, 1998, 11.
2. A. Gandini; S.L. Aggarwall in Comprehensive Polymer Science, S. Russo, Ed.; Pergamon Press, Oxford, 1992, Supp. 1, 527.
3. G.R. Filho; R.G.V. Português; C.S. Meireles; R.M.N. Assunção; J.G. Vieira Carbohydrate Polym. 2007, 67, 182.
4. M. Gohdes; P. Mischinick Carbohydrate Res. 1998, 309, 109.
5. B. Nascimento; G.R. Filho; R. M. N. de Assunção; E. S. Frigoni; É. C. Reis; C. S. Meireles in: Anais do 8º Congresso Brasileiro de Polímeros, Águas de Lindóia, 2005, 425.
6. E. Ott in Cellulose and Cellulose Derivatives, Ed.; Interscience Publishers, New York, 1943; Vol.5.
7. N. De Buen-Unna; G. Guevara-Nieto; J. Grau-Genesias, U.S. Patent 6 660 077, 2003; WO/2003/006397.
8. G.R. Filho; S. F. Cruz; D. Pasquini; D. A. Cerqueira; V. S. Prado; R. M. N. Assunção J. Memb. Sci. 2000, 177, 225.
9. G. Chauvelon; A. Buléon; J.F. Thibault; L. Saulnier Carbohydrate Res. 2003, 338, 743.
10. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência á compressão, Rio de Janeiro, 1996.
11. Z.M. Wang; L. Li; B.S. Zheng; N. Normakhamatov; S.Y. Guo; I. J. Biological Macromolecules 2007, 41, 376.
12. M. Thomas; G. Chauvelon; M. Lahaye; L. Saulnier Carbohydrate Res. 2003, 338, 761.
13. G. C. Oliveira; J.G. Vieira; G.R. Filho; R.M.N. de Assunção; D.A. Cerqueira; C.S. Meireles; L.A.C. Motta; A.A.F.S. Gomide in 4º International Conference on Science and Technology of Composites Materials, Rio de Janeiro, 2007.
14. P.K. Mehta; P.J.M. Monteiro in Concreto: estrutura, propriedades e materiais, Ed.; Pini, São Paulo, 1994; 44-57.



Application of cellulose sulfoacetate obtained from sugarcane bagasse as additive in mortars

Journal:	<i>Polymer Bulletin</i>
Manuscript ID:	PB-10-0091
Manuscript Type:	Polymer Characterization
Date Submitted by the Author:	05-Feb-2010
Complete List of Authors:	Rodrigues Filho, Guimes; Federal University of Uberlândia, Chemistry Institute Nascimento, Barbara; Universidade Federal de Ubelândia, Instituto de Química Frigoni, Elaine; Universidade Federal de Ubelândia, Instituto de Química Soares, Heline; Universidade Federal de Ubelândia, Instituto de Química Meireles, Carla; Universidade Federal de Ubelândia, Instituto de Química; Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química Cerqueira, Daniel; Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química; Universidade de Coimbra, Departamentode Química Assunção, Rosana; Universidade Federal de Uberlândia, Chemistry; Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química Valente, Artur José; Universidade de Coimbra, Departamentode Química Carvalho, Rui; Universidade de Coimbra, Departamentode Química Motta, Leila; Federal University of Uberlândia, Faculdade de Engenharia Civil
Keywords:	cellulose sulfoacetate , additive, mortar, cement



----- Mensagem Original -----

Assunto: Polymer Bulletin
De: klapper@mpip-mainz.mpg.de
Data: Sex, Fevereiro 5, 2010 11:10 am
Para: guimes@ufu.br

05-Feb-2010

Dear Dr. Rodrigues Filho:

Your manuscript entitled "Application of cellulose sulfoacetate obtained from sugarcane bagasse as additive in mortars" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Polymer Bulletin.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to Manuscript Central at <https://mc.manuscriptcentral.com/polbul> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/polbul> .

Thank you for submitting your manuscript to the Polymer Bulletin.

Sincerely,
Polymer Bulletin Editorial Office