

## **Aproveitamento de celulose obtida de resíduo de sorgo catissorgo para produção de acetato de celulose.**

**Jéssica A. A. Alves\* (PQ)<sup>1</sup>, Diego P. R. Ascheri (PQ)<sup>2</sup> Patricio J. R. Barros (PQ)<sup>3</sup>, Cleiber C. Morais <sup>4</sup>(PG), Raquel Faria<sup>5</sup>(PQ).**

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, UEG/CCET/Anápolis-GO, j.engenheira@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro de Alimentos, Prof. Pós-Doutor, UEG/CCET/Anápolis-GO

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, UEG/CCET/Anápolis-GO;

<sup>4</sup> Mestrando em Ciências Moleculares, UEG/CCET/Anápolis-GO;

<sup>5</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, UEG/CCET/Anápolis-GO;

**Resumo:** Considerando que um hectare de sorgo produz aproximadamente 30 t de resíduo, só a safra 2016-2017 o Brasil colheu entre 647.000-660.000 ha de sorgo, gerado em torno de 19.700.000 t desse resíduo. A palha de sorgo é passível de serem aproveitada em matéria-prima nobre para a extração de celulose e utilizada para sua derivatização, agregando maior valor a esse resíduo agrícola. Neste trabalho se estudou o aproveitamento da palha de sorgo catissorgo para produção de polpa celulósica e a síntese de acetato de celulose. A palha de sorgo seco e moído foi submetido ao tratamento alcalino empregando 20 mL de hidróxido de sódio a 1,5%/ 1 g de amostra, tempo de reação de 2,5 h, a 90 °C para a obtenção de polpa celulósica. Esta polpa, por sua vez, foi submetida a branqueamento utilizando solução branqueadora em proporção de 25 mL: 1 g de amostra, num tempo de reação de 35 min, a 80 °C. A acetilação da polpa branqueada foi realizada na presença de anidrido acético como agente acetilante e ácido sulfúrico como catalisador com tempo de reação entre 6 a 16 h e as respostas analisadas foram grau de substituição (GS) e massa molecular média viscosimétrica (Mv). Do acetato de celulose com maior GS e das polpas bruta e branqueada foram analisadas através de espectroscopia e microscopia. Após 16 h de acetilação se obteve acetato de celulose com maior GS (2,62) e Mv (90.833,38 g mol<sup>-1</sup>).

**Palavras-chave:** Resíduos lignocelulósicos. Acetilação. Grau de substituição. Derivado de celulose.

### **Introdução**

No Brasil, a agricultura e agroindústria geram uma enorme quantidade de resíduos passíveis de serem aproveitados, como o bagaço de cana-de-açúcar proveniente das indústrias sucroalcooleiras, a casca de soja originada durante seu processamento para a produção de óleo e biodiesel, o bagaço de malte originada da indústria cervejeira, entre outros (MUSSATO et al., 2008; CORDEIRO et al., 2012; XIROS e CHRISTAKOPOULOS, 2012; SOUZA et al., 2015). Outro resíduo a ser considerado é a palha de sorgo que é gerada na colheita dos seus grãos e na entre safra da indústria sucroalcooleira pelo bagaço de sorgo gerado (OLIVEIRA, 2012).

As safras de 2016 e 2017 podem ter gerado considerável quantidade de resíduo provindo da cultura de sorgo, uma vez que o Brasil plantou, nesses anos, entre 647.000-660.000 ha de sorgo (BRASIL, 2017), estimando-se o resíduo gerado em torno de 19.700.000 t, considerando-se que um hectare de sorgo produz aproximadamente 30 t de palha (ROONEY et al., 2007). Inicialmente este resíduo é usado como adubo no campo ou mesmo na queima para a geração de energia (OLIVEIRA et al., 2009; THANAPIMMETHA et al., 2011). O conteúdo de celulose desse resíduo encontra-se entre 34,4 a 58,23% (BELAYACHI et al., 1995; ZHANG et al., 2011; THANAPIMMETHA et al., 2011; CARDOSO et al., 2013; MARX et al., 2014), assim podendo muito bem utilizado como fonte promissora para produção de polpa celulósica.

A obtenção da celulose a partir de materiais lignocelulósicos através do processo de polpação envolve o cozimento da matéria-prima com soluções de hidróxido e sulfetos a temperaturas elevadas entre 160 e 180 °C (BAJPAI, 2012) com o objetivo de isolar as fibras de celulose (ZHANG, TU e PAICE, 2011; HAGHIGHI et al., 2013; BAJPAI, 2016). Após essa etapa, ocorre o branqueamento da polpa bruta com reagentes químicos à base de cloro (cloro, dióxido de cloro, hipoclorito de sódio) para atingir maiores níveis de alvura e pureza, sem que haja perda das propriedades físico-mecânicas da polpa de celulose (ZHANG, TU e PAICE, 2011b; REQUEJO et al., 2012).

A polpa celulósica utilizada para produção de derivados de celulose deve apresentar elevados teores de celulose e  $\alpha$ -celulose e baixos teores de lignina e hemicelulose além de alto grau de polimerização (VISMARA et al., 2009; DA CRUZ et al., 2011).

O acetato de celulose é um derivado da celulose, sendo um composto orgânico que tem uma grande importância comercial, devido a sua larga aplicação na indústria como por exemplo em fios para a indústria têxtil, filtros, filmes fotográficos transparentes, pigmentados, materiais plásticos, cápsulas para a indústria farmacêutica, embalagens, entre outros (CERQUEIRA et al., 2010; RODRIGUES FILHO et al., 2011; DA CRUZ et al., 2011; RIBEIRO et al., 2014).

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo utilizar a palha de sorgo como matéria-prima para a produção de polpas celulósicas bruta e branqueada e sintetizar o acetato de celulose a partir da polpa branqueada.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido nos laboratórios da UEG Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas - Henrique Santillo da Universidade Estadual de Goiás (Anápolis-GO). O resíduo de sorgo (cultivar Catissorgo) constituiu de colmos e folhas foi fornecido pela Fazenda Waleria, localizada na GO 217, km 30 do município de Piracanjuba (GO).

O processo de polpação de celulose foi realizando utilizando o método proposto por Santos et al. (2015) com modificações. O resíduo de sorgo seco e moído foi submetido a tratamento alcalino empregando solução hidróxido de sódio 1,5%, 20 mL por grama, durante 2,5 h a 90 °C, sob agitação magnética. O licor obtido ao final do tempo de cozimento foi resfriado em banho de gelo e filtrado. A polpa obtida da filtração foi lavada com água destilada até pH neutro, seca em estufa com recirculação de ar forçado a  $50 \pm 3$  °C por 12 h, obtendo-se a polpa bruta (PBR).

A polpa bruta foi submetida a branqueamento em meio ácido, com 25 mL de solução branqueadora por grama de amostra. A mistura foi agitada durante 35 min a  $80 \pm 2$  °C. A solução branqueadora consistiu de uma mistura em partes iguais (v/v) de soluções tampão de acetato (27 g NaOH e 75 mL de ácido acético glacial, diluído para 1 L com água destilada) e clorito de sódio 2% (m/v). A polpa branqueada (PB) obtida passou pelo mesmo processo de lavagem e secagem do processo de polpação.

O acetato de celulose foi elaborado de acordo com o método descrito por Cerqueira et al. (2007 e 2009). O planejamento do experimento de acetilação foi inteiramente casualizado, variando o tempo de reação (tr: 6, 7, 8,9,10, 11, 13, 15 e 16 h) do material acetilado, determinando-se em cada tratamento o grau de substituição através de titulação ácido-base (RODRIGUES FILHO et al., 2008) e a massa molecular média viscosimétrica segundo o proposto por Ferreira Júnior et al. (2011) do acetato de celulose produzidos. Cada tempo de reação foi equivalente a um tratamento experimental, portanto, o planejamento constou de 9 tratamentos.

Das polpas bruta e branqueada e do acetato de celulose com maior valor de grau de substituição foram realizadas análises de espectroscópicas na região do infravermelho e microscópica eletrônica de varredura segundo Santos et al. (2015). E do resíduo de sorgo realizado microscópica eletrônica de varredura segundo Santos et al. (2015).

Os resultados da síntese de acetato de celulose foram submetidos a análise de regressão polinomial até segundo a nível  $p \leq 95\%$ . A relação existente entre dados experimentais de grau de substituição e massa molecular média viscosimétrica foi obtida com o grau de correlação aplicando-se a correlação matricial de Pearson (coeficiente de correlação produto-momento,  $r$ ) a  $p \leq 5$  e  $10\%$ . Os valores de  $r$  foram:  $0,00 < r < 0,30$  (fraca correlação linear),  $0,30 \leq r < 0,60$  (moderada correlação linear) e  $0,60 \leq r < 0,90$  (forte correlação linear) (CALLEGARI-JACQUES, 2003). A análises estatísticas e desenho dos gráficos foram realizados por meio do programa OriginPro8 e Statistica for Windows versão 8.0 da StatSoft.

### Resultados e Discussão

Na Figura 1 observa-se um rápido aumento do valor do grau de substituição (GS) do acetato de celulose sintetizado a partir da polpa branqueada de celulose de sorgo, entre 6 a 13 h de reação de acetilação, alcançando níveis de GS igual a 2,42.

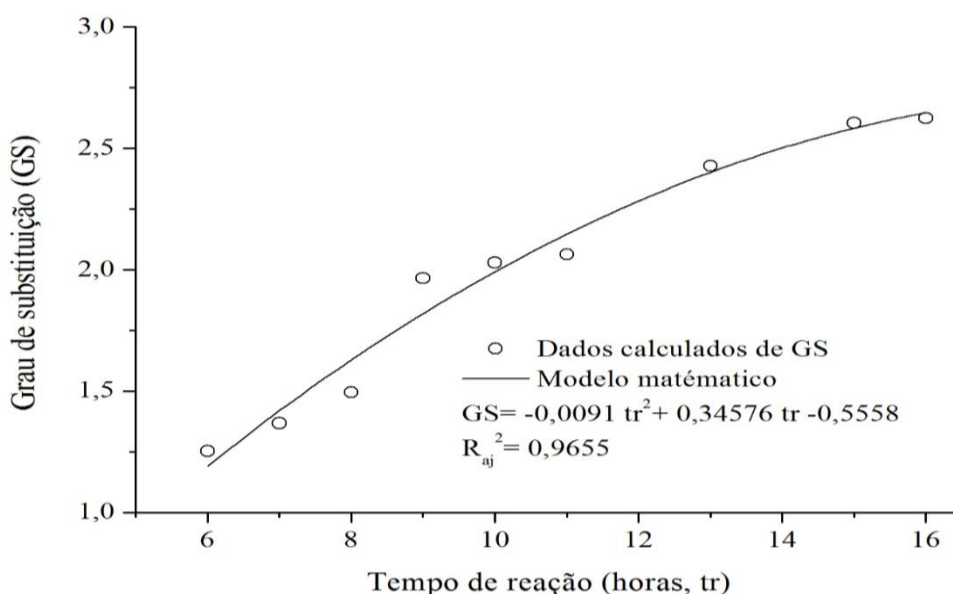


FIGURA 1- Gráfico de grau de substituição em função do tempo de reação.

A tendência ascendente dos valores do GS dos acetatos de celulose em função do tempo de reação também foi observada por outros autores, porém com diferentes matérias-primas, como palha de arroz (FAN et al., 2013; DAS, ALI e HAZARIKA, 2014) Li et al. (2009) em celulose da *Caragana korshinskii* e Hu et al. (2011) e celulose bacteriana. Estes autores concluíram que o tempo de reação tem um papel importante na acetilação da celulose para obtenção de acetatos de celulose.

Este fato ocorre por que com o maior tempo de reação há maior substituição dos grupos hidroxilas por grupos acetilas por permitir que o anidrido acético reaja com os grupos hidroxilas livres. Porém, ao longo do tempo de reação ocorre a degradação da celulose e a hidrólise do acetato de celulose, resultando em parte do produto dissolvido em água que não pode ser recuperado (LI et al., 2009; HU et al., 2011; FAN et al., 2013) que é prejudicial na obtenção do derivado.

O acetato de celulose, obtido nesta pesquisa, com 16 h de reação atingiu grau de substituição igual a 2,62, superior aos demais tratamentos estudados. De acordo com Rodrigues Filho et al. (2008) e Španić et al. (2015), a utilização da polpa deslignificada é a melhor opção para a reação de acetilação uma vez que o inchaço das fibras e a remoção de lignina promover uma melhor acessibilidade do anidrido acético aos grupos OH de celulose. Isto pode ter ocorrido no presente estudo, uma vez que a polpa branqueada utilizada para obtenção dos acetatos de celulose apresentava baixo teor de lignina.

Na Figura 2 um rápido aumento do valor de massa molecular média viscosimétrica ( $M_v$ ) foi observado entre 6 a 13 h de reação de acetilação, alcançando níveis de  $M_v$  igual a  $87.442,11 \text{ g mol}^{-1}$ .

A massa molecular média viscosimétrica é uma das propriedades responsáveis pela utilização dos polímeros em inúmeras aplicações (LUCAS et al., 2001). Esta propriedade reológica apresentou um aumento expressivo de 576,63%, ao se comparar os tratamentos com tempos de reação de 6 e 16 h (com  $M_v$  de  $15.670,86$  e  $90.833,38 \text{ g mol}^{-1}$ , respectivamente). Esse aumento significativo deve-se que o maior tempo de reação proporcionou maior polimerização da cadeia do material estudado, sendo assim maior massa molecular (maior quantidade de átomos em sua estrutura).

O aumento da massa molecular média viscosimétrica do acetato de celulose com o aumento do tempo de reação já foi observado por outros autores como Cerqueira et al. (2007) que obtiveram menores valores de  $M_v$  em tempos de reação de 48 h, muito inferiores ao encontrado na presente pesquisa com 16 h de tempo de reação.

O grau de substituição e massa moleculares médias viscosimétricas se relacionaram mostrando uma forte correlação positiva ( $r = 0,965$ ,  $p < 0,01$ ), isto é, um aumento do grau de substituição acarreta um aumento do valor da massa molecular média viscosimétrica.

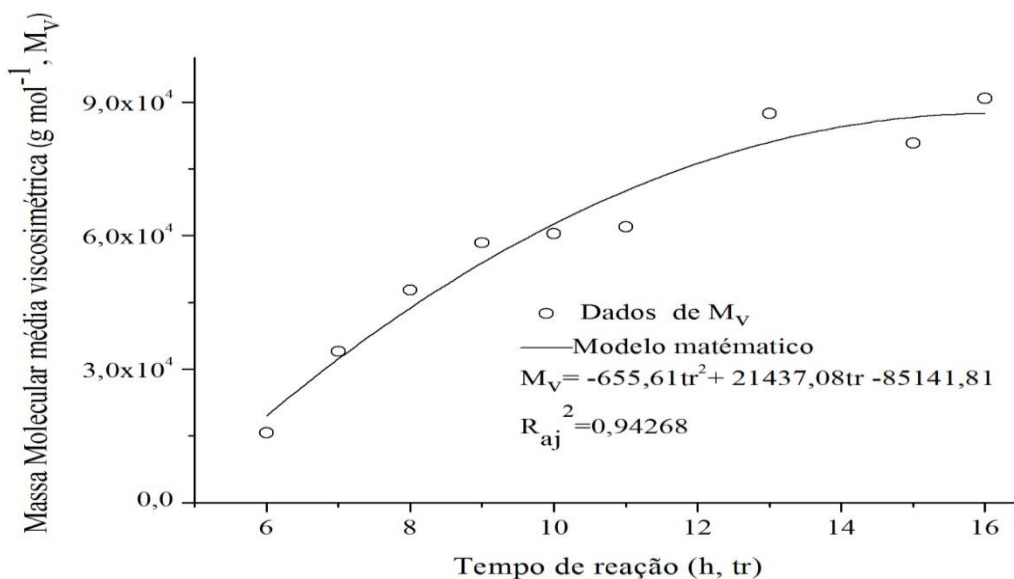


FIGURA 2- Gráfico da Massa molecular média viscosimétrica ( $M_v$ ) em função do tempo de reação (tr) em horas.

O acetato de celulose produzido a partir de resíduo de sorgo com tempo de reação de 16 h possui um grau de substituição de 2,62, valor característico de um diacetato de celulose (DAC), fato confirmado através do perfil das bandas de absorção do espectro na região do infravermelho apresentado na Figura 3.

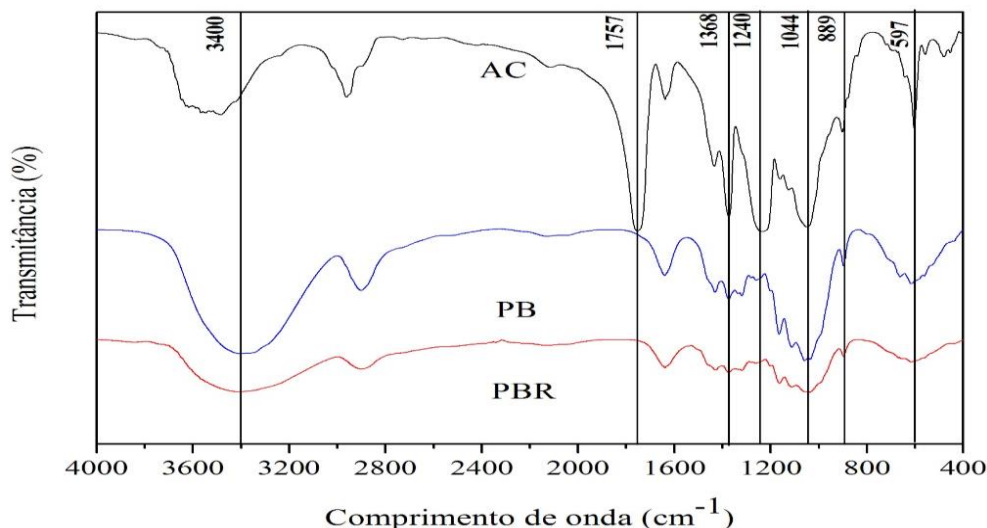


FIGURA 3- Espectro de FTIR para polpa bruta (PBR), polpa branqueada (PB) e acetato de celulose 16 h de reação (AC).

Novas bandas de absorção surgiram no espectro do acetato de celulose em 1757, 1368 e 1240  $\text{cm}^{-1}$  (Figura 3). Estas bandas de absorção são atribuídos a C=O (estiramento de carbonila éster), ligação C-H no grupo acetilo (-O (C=O) + CH<sub>3</sub>) e

estiramento -CO- de acetato, respectivamente (DA CRUZ et al., 2011; FAN et al., 2013; DAS, ALI E HAZARIKA, 2014; ŠPANIĆ et al., 2015).

Essas novas bandas de absorção e a diminuição da intensidade da banda em  $3400\text{ cm}^{-1}$  (estiramento do OH celulósico), evidenciam a acetilação da celulose quando comparados com as polpas bruta e branqueada, caracterizando o material como sendo acetato de celulose (PINTO, COLLONI e SILVA, 2013; RIBEIRO et al., 2014).

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi utilizada para caracterizar morfologicamente a palha de sorgo, polpas bruta, branqueada e acetato de celulose 16 h observando-se os efeitos morfológicos dos tratamentos químicos na matéria-prima em cada uma das etapas de obtenção da celulose e acetato de celulose (Figura 4).

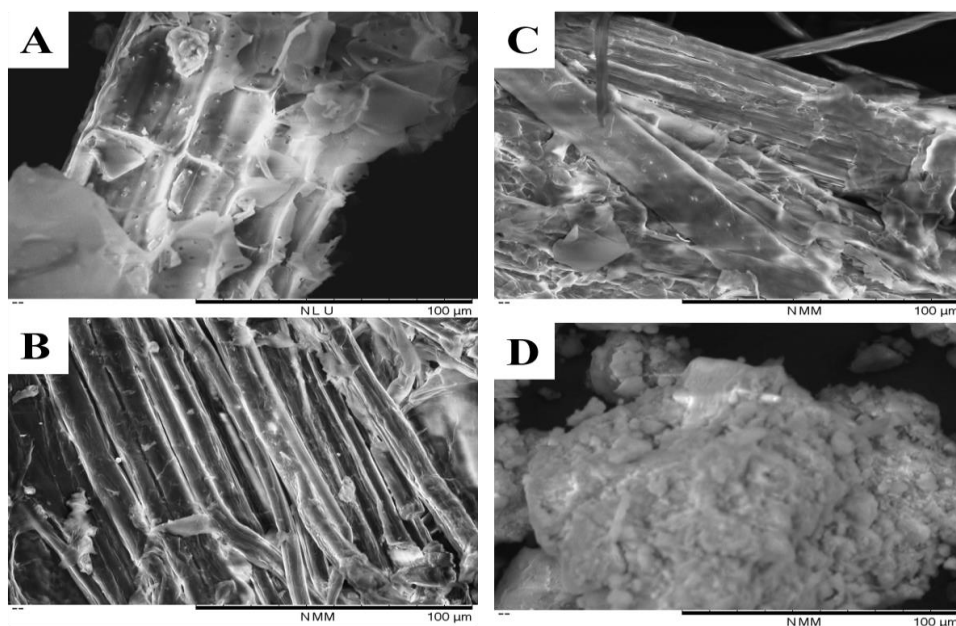


FIGURA 4- Micrografia eletrônica de varredura (ampliação: 1000x). A) resíduo de sorgo seco e moído (RSM), B) polpa bruta (PBR), C) polpa branqueada (PB) e D) acetato de celulose 16h.

Na Figura 4A, observa-se que a resíduo de sorgo tem aspecto de fibras, os feixes das fibras resíduo de sorgo apresenta uma superfície rígida e lisa devido à existência de lignina e ceras (SANTOS et al., 2015; YUE et al., 2015). Na Figura 4B é observado na polpa bruta o rompimento das fibras promovido pelo hidróxido de sódio no processo de polpação promove o aparecimento de fissuras pela dissolução da hemicelulose, porém ainda existências de outros componentes possivelmente devido a lignina residual. Na Figura 4C, polpa branqueada é visível as fibras de

celulose livres, e também rompidas, isto por que a lignina atua como cola e fortalece as paredes celulares das plantas, foi rompida dissolvida durante o processo de obtenção da celulose (GOSHADROU et al., 2011). Comparando as Figuras 4C e 4D, pode ser concluído que ocorre uma transformação química alterando completamente a morfologia da polpa branqueada.

### Considerações Finais

O acetato de celulose com maior grau de substituição se obtém acetilando a celulose com anidrido acético por 16 h que apresenta grau de substituição de 2,62 e massa moleculares médias viscosimétricas de 90.833,38 g mol<sup>-1</sup>. A transformação da celulose em acetato foi confirmada por meio das análises espectroscópica e microscópica.

### Agradecimentos

Agradecimentos a CAPES e BIP-UEG pelo concessão da bolsa e Fapeg pelo apoio financeiro.

### Referências

- BAJPAI, P. Chapter 2 - General backgrounds BT - Environmentally Benign Approaches for Pulp Bleaching. Amsterdam: **Elsevier**, 2005. 7-21p.
- BAJPAI, P. **Pulp and Paper Industry: Energy Conservation**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 2016. 290p.
- BELAYACHI, L.; DELMAS, M. SWEET SORGHUM: A quality raw material for the manufacturing of chemical paper pulp. **Biomass and Bioenergy**, v. 8, n. 6, p. 411-417, 1995.
- BRASIL. **Acompanhamento da Safra brasileira**. Monitoramento agrícola – Safra 2016/17. N°8 - Oitavo levantamento, v.4, 2017.
- CALLEGARI-JACQUES SM (2003). **Bioestatística**: princípios e aplicações. Porto Alegre, Artemed. 255p.
- CARDOSO, W. S.; TARDIN, F.D.; TAVARES, P.G.; QUEIROZ, P.V.; MOTA, S.M.; KASUYA, M.C.M.; QUEIROZ, J.H. Use of sorghum straw (Sorghum bicolor) for second generation ethanol production: pretreatment and enzymatic hydrolysis. **Química Nova** [online], v.36, n.5, p.623-627, 2013.
- CERQUEIRA, D. A.; RODRIGUES FILHO, G.; MEIRELES, C. D. Optimization of sugarcane bagasse cellulose acetylation. **Carbohydrate Polymer**, Coimbra, v. 69, n. 3, p. 579-582, 2007.
- CERQUEIRA, D. A.; RODRIGUES FILHO, G.; CARVALHO, R. A.; VALENTE, A. J. M. Caracterização de acetato de celulose obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar por 1H-RMN. **Polímeros**, São Carlos, v. 20, n. 2, p. 85-91, 2010.
- CERQUEIRA, D. A.; VALENTE, A. J. M.; RODRIGUES FILHO, G.; BURROWS, H. D. Synthesis and properties of polyaniline-cellulose acetate blends: The use of sugarcane bagasse waste and effect of the substitution degree. **Carbohydrate Polymer**, Coimbra, v.78, n. 3, p. 402-408, 2009.
- CERQUEIRA, D.A.; RODRIGUES FILHO, G.; NASCIMENTO DE ASSUNÇÃO, R.M.;

CORDEIRO, L.G.; EL-AOUAR, Â. A.; GUSMÃO, R. P. Caracterização do bagaço de malte oriundo de cervejarias. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 20-22, 2012.

DA CRUZ, A.C.; MEIRELES, C. D. S.; RIBEIRO, S. D.; RODRIGUES FILHO, G.; ASSUNÇÃO, R. M. N D.; ZENI, M.; POLETTTO, P. Utilização do acetato de celulose produzido a partir da celulose extraída do caroço de manga como matriz para produção de sistemas microparticulados. **Química Nova** (Impresso), v. 34, p. 385-389, 2011.

DAS, A. M.; ALI, A. A.; HAZARIKA, M. P. Synthesis and characterization of cellulose acetate from rice husk: Eco-friendly condition. **Carbohydrate polymers**, v. 112, p. 342-349, 2014.

DE LA TORRE, M. J.; MORAL, A.; HERNÁNDEZ, M.D.; CABEZA, E.; TIJERO, A. Organosolv lignin for biofuel. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 58–63, 2013.

FAN, G.; WANG, M.; LIAO, C.; FANG, T.; LI, J.; ZHOU, R. Isolation of cellulose from rice straw and its conversion into cellulose acetate catalyzed by phosphotungstic acid. **Carbohydrate polymers**, v. 94, n. 1, p. 71-76, 2013.

FERREIRA JÚNIOR, M. F.; MUNDIM, E. A. R.; FILHO, G. R.; MEIRELES, C.S.; MARCOLIN, M.; ZENI, M. SEM study of the morphology of asymmetric cellulose acetate membranes produced from recycled agro-industrial residues: sugarcane bagasse and mango seeds. **Polymer Bulletin**, Berlin, v. 66, p. 377-389, 2011.

GOSHADROU, A.; KARIMI, K.; TAHERZADEH, M. J. Bioethanol production from sweet sorghum bagasse by *Mucorhiemalis*. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 1219-1225, 2011.

HAGHIGHI, M. S.; GOLFESHAN, A.; TABATABAEI, M.; JOUZANI, G.S.; NAJAFI, G.H.; GHOLAMI, M.; ARDJAMAND, M. Lignocellulosic biomass to bioethanol, a comprehensive review with a focus on pretreatment. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, n. 0, p. 77–93, 2013.

HU, W.; CHEN, S.; XU, Q.; WANG, H. Solvent-free acetylation of bacterial cellulose under moderate conditions. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n. 4, p. 1575-1581, 2011.

LI, J.; ZHANG, L. P.; PENG, F.; BIAN, J.; YUAN, T. Q.; XU, F.; SUN, R. C. Microwave-Assisted Solvent-Free Acetylation of Cellulose with Acetic Anhydride in the Presence of Iodine as a Catalyst. **Molecules**, v. 14, n. 9, p. 3551-3566, 2009.

MARX, S.; NDABA, B.; CHIYANZU, I.; SCHABORT, C. Fuel ethanol production from sweet sorghum bagasse using microwave irradiation. **Biomass and Bioenergy**, v. 65, p. 145-150, 2014.

OLIVEIRA, M. Opção produtiva. Sorgo é plantado para produzir etanol na entressafra de cana. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, v. 3, n. 193, p. 62-65, 2012.

OLIVEIRA, I.K.C.P.; SILVA, H.; SILVA, F.L.H.; OLIVEIRA, L.S.C. **Caracterização físico-química do bagaço de sorgo sacarino para hidrólise ácida do material lignocelulósicos**. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA 140 EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2009. Uberlândia. Resumos... Uberlândia: UFU, 2009, v.1, p.257-25.

PINTO, B.; CALLONI, G.; SILVA, S. A. **Obtenção de acetato de celulose a partir da casca de arroz (*Oryza sativa*)**. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 14, n. 21, p. 01-14, 2013.

REQUEJO, A.; RODRÍGUEZ, A.; COLODETTE, J.L.; GOMIDE, J.L.; JIMÉNEZ, L.TCF bleaching sequence in kraft pulping of olive tree pruning residues. **Bioresource Technology**, v. 117, n. 0, p. 117–123, 2012.

- RIBEIRO, E. A. M.; FILHO, G. R.; VIEIRA, J. G.; SOUSA, R. M.F.D.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; MEIRELES, C. S.; DUARTE, J.; ZENI, M. Characterization of asymmetric membranes of cellulose acetate from recycling of residue corn stover for use in ultrafiltration. **Química Nova** (Impresso), v. 37, p. 385-391, 2014.
- RODRIGUES FILHO, G.; RIBEIRO, S.D.; MEIRELES, C.S.; DA SILVA, L. G.; RUGGIERO, R.; FERREIRA JUNIOR, M.F.; DE ASSUNÇÃO, CERQUEIRA, D.A.; NASCIMENTO DE ASSUNÇÃO, R.M.; ZENI, M.; POLETTO, P. Release of doxycycline through cellulose acetate symmetric and asymmetric membranes produced from recycled agroindustrial residue: Sugarcane bagasse. **Industrial Crops and Products**, v. 33, p. 566-571, 2011.
- RODRIGUES FILHO, G., 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**, v. 73, p. 74-82, 2008.
- ROONEY, W.L.; BLUMENTHAL, J.; BEAN, B.; MULLET, J.E. Review: Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock. **Biofuels, Bioproducts & Biorefining**, v. 1, p. 147-157, 2007.
- SANTOS, D. M.D.; BUKZEM, A.D.L.; ASCHERI, D. P. R.; SIGNINI, R.; AQUINO, D.G. L. B. Microwave-assisted carboxymethylation of cellulose extracted from brewer's spent grain. **Carbohydrate polymers**, v. 131, p. 125-133, 2015.
- SOUZA, E. E. D.; VALE, R. D. S.; VIEIRA, J. G.; RIBEIRO, S. D.; RODRIGUES FILHO, G.; MARQUES, F. A.; BARUD, H. D. S. Preparação e caracterização de membranas de celulose regenerada a partir da celulose extraída de resíduos agroindustriais para aplicação em processos de separação. **Química Nova**, p. 202-208, 2015.
- ŠPANIĆ, N.; JAMBREKOVIĆ, V.; MEDVED, S.; ANTONOVIĆ, A. Chemical and thermal properties of cellulose acetate prepared from white willow (*Salix alba*) and Black Alder (*Alnus glutinosa*) as a potential polymeric base of biocomposite materials. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, v. 29, n. 3, p. 357-365, 2015.
- THANAPIMMETHA, A.; VUTTIBUNCHON, K.; SAISRIYOOT, M.; SRINOPHAKUN, P. Chemical and microbial hydrolysis of sweet sorghum bagasse for ethanol production. In: **World Renewable Energy Congress-Sweden; 8-13 May; 2011; Linköping**; Sweden. Linköping University Electronic Press, 2011. p. 389-396.
- VISMARA, E.; GASTALDI, G.; VALERIO, A.; BERTINI, S.; COSENTINO, C.; EISLE, G. Alpha cellulose from industrial and agricultural renewable sources like short flax fibres, ears of corn and wheat-straw and its transformation into cellulose acetates. **Journal of Materials Chemistry**, v. 19, n. 45, p. 8678-8686, 2009.
- XIROS, C.; CHRISTAKOPOULOS, P. Biotechnological potential of brewers spent grain and its recent applications. **Waste and Biomass Valorization**, v. 3, n. 2, p. 213-232, 2012.
- ZHANG, X.; TU, M.; PAICE, M. Routes to Potential Bioproducts from Lignocellulosic Biomass Lignin and Hemicelluloses. **Bio Energy Research**, v. 4, n. 4, p. 246-257, 2011.
- YUE, Y.; HAN, J.; HAN, G.; AITA, G. M.; WU, Q. Cellulose fibers isolated from energy cane bagasse using alkaline and sodium chloride treatments: Structural, chemical and thermal properties. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 355-363, 2015.