

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Trabalho de Conclusão de Curso | Bacharelado em Química

JENNIFER CARDOSO DE SOUZA

**PRÉ-TRATAMENTOS DAS FIBRAS DE
BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR VISANDO
APLICAÇÃO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS**

Santo André
AGOSTO – 2021

Jennifer Cardoso de Souza

PRÉ-TRATAMENTOS DAS FIBRAS DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR VISANDO APLICAÇÃO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Monografia de Trabalho de
Conclusão de Curso, apresentado
ao Bacharelado em Química da
UFABC para obtenção do título de
Bacharel em Química
Orientador: Prof^a. Dr^a. Márcia
Aparecida da Silva Spinacé



Jennifer Cardoso de Souza



Orientador: Prof^a. Dr^a. Márcia Aparecida da Silva Spinacé



Co-orientador: Me. Bruno Henrique dos Santos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido chegar até aqui e pela força para ir em busca dos meus objetivos.

À minha mãe, Jandira, minha maior motivadora e minha inspiração em todos os dias. Obrigada por sempre me apoiar e por ser meu porto seguro.

Ao meu namorado, Nilton, meu companheiro, meu incentivador e melhor presente que a UFABC me deu. Muito obrigada pela compreensão, por trazer leveza à minha vida e partilhar todos os momentos ao meu lado.

Aos meus amigos, em especial, Nicolas, Beatriz, Suzana e Ricardo. Agradeço por todo o apoio, por sempre estarem presentes e não me deixarem desistir.

À minha orientadora, Prof^a Dr.^a Márcia Spinacé, por ter aceitado me orientar, pela atenção dispensada e dedicação.

Ao meu co-orientador e amigo, Me. Bruno Santos, pela orientação, pela dedicação e paciência. Obrigada por todo apoio e por ter acreditado em mim.

Ao corpo docente da UFABC, que tanto me ensinou, de forma inspiradora, e que me auxiliou a desenvolver meus conhecimentos a respeito da natureza e suas transformações.

A toda comunidade da UFABC por ter me desenvolvido no âmbito pessoal, acadêmico e profissional. Obrigada por representarem a resiliência e excelência de nossa universidade.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, resultando na geração em larga escala dos resíduos fibrosos deste tipo de fibra lignocelulósica. Uma alternativa que vem ganhando destaque nos últimos anos é o uso do bagaço de cana-de-açúcar como reforço em materiais compósitos. Essa utilização está relacionada à preocupação ambiental devido aos impactos do descarte inadequado deste material, além da sua composição e baixo custo de fabricação. As fibras são submetidas a pré-tratamentos visando aumentar a adesão fibra-matriz polimérica, através do aumento da rugosidade e diminuição da hidrofobicidade da fibra, melhorando o seu desempenho mecânico. Neste trabalho foram analisados os principais pré-tratamentos aplicados às fibras de bagaço de cana-de-açúcar para o desenvolvimento de compósitos de matrizes poliméricas. Os resultados mostraram o crescente uso de fibras tratadas em compósitos poliméricos. O tratamento químico foi o mais empregado nos últimos 5 anos, correspondendo a 86,4 % das publicações analisadas que utilizaram pré-tratamento. Dentre os pré-tratamentos químicos, o tratamento alcalino, ou mercerização, foi o mais usado (71 % das publicações que usaram o pré-tratamento químico), principalmente devido ao seu baixo custo e metodologia simples. Em seguida foi realizada uma discussão referente ao pré-tratamento de mercerização, como ele ocorre e suas principais influências nas propriedades finais da fibra e do compósito.

Palavras-chave: bagaço de cana-de-açúcar, pré-tratamento, compósitos poliméricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1 Fibras lignocelulósicas	6
1.2 Bagaço de Cana-de-açúcar	11
1.3 Pré-tratamento.....	12
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivos Gerais.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3. METODOLOGIA	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Levantamento dos artigos	18
4.2 Pré-tratamento alcalino	26
5. CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

Os compósitos poliméricos com fibras sintéticas, como fibra de vidro e de carbono, são materiais conhecidos desde a década de 90, devido ao seu baixo custo em relação aos materiais metálicos convencionais. Eles vêm sendo utilizados em diferentes aplicações como embalagens, eletrônicos e indústrias automotivas (QASIM *et al.*, 2020).

No entanto, a utilização de fibras sintéticas apresenta problemas relacionados a questões ambientais tais como baixa reciclabilidade, biodegradabilidade e reutilização desses materiais (ASHRAF *et al.*, 2019). Nesse cenário, a utilização de fibras naturais vem ganhando espaço (QASIM *et al.*, 2020; OUSHABI, 2019). Elas são classificadas como um tipo de material renovável, obtidas de fontes vegetais, animais ou recursos minerais (CHONG *et al.*, 2020,). As fibras naturais oriundas de plantas e vegetais são amplamente empregadas em diversos campos da engenharia, como desenvolvimento de embalagens, indústria automotiva, construção, mecânica, aeroespacial e biomédica (CHONG *et al.*, 2020, RAJAK *et al.*, 2019).

Desta forma, uma alternativa interessante para aplicação de fibras naturais, como reforço em materiais compósitos, são as fibras lignocelulósicas. Estas fibras vegetais são fortes, leves, abundantes, não abrasivas, além de serem materiais de baixo custo (JAWAID *et al.*, 2011).

1.1 Fibras lignocelulósicas

As fibras lignocelulósicas são constituídas majoritariamente de celulose, hemiceluloses, lignina e baixos teores de pectina, de forma que a proporção destes constituintes varia de acordo com o tipo de fibra (JAWAID *et al.*, 2011; GALLOS *et al.*, 2017). Na Tabela 1 são mostradas as principais fontes de extração de fibras lignocelulósicas, sendo o coco, algodão, juta, abacaxi, rami e sisal as mais utilizadas no Brasil (SATYANARAYANA *et al.*, 2007).

Tabela 1: Composição química de diferentes fibras lignocelulósicas

Fibra	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)
Algodão	83	6	0 – 2
Juta	61 – 72	17 – 20	12 – 13
Banana	60 – 65	19	5 - 10
Rami	69 – 76	13 – 17	0 - 1
Sisal	66 – 75	10 – 14	7 - 9
Bambu	74	13	10
Linho	64 – 71	16 – 21	2
Bagaço de cana-de-açúcar	32 - 55	17 - 32	19 - 25
Arroz	32 - 47	19 - 27	5 - 24
Palha de trigo	28 - 39	23 - 24	16 - 25

Fonte: Elaborado pelo autor com base em (KABIR *et al.*, 2012; JAWAID *et al.*, 2011; SANTOS, 2020)

A estrutura celular e a composição química das fibras lignocelulósicas são extremamente complexas, composta por microfibrilas rígidas de celulose, com diâmetro de 10 - 30 nm, incorporadas a uma matriz de lignina e hemicelulose (CHIRAYIL *et al.*, 2014), como representado na Figura 1.

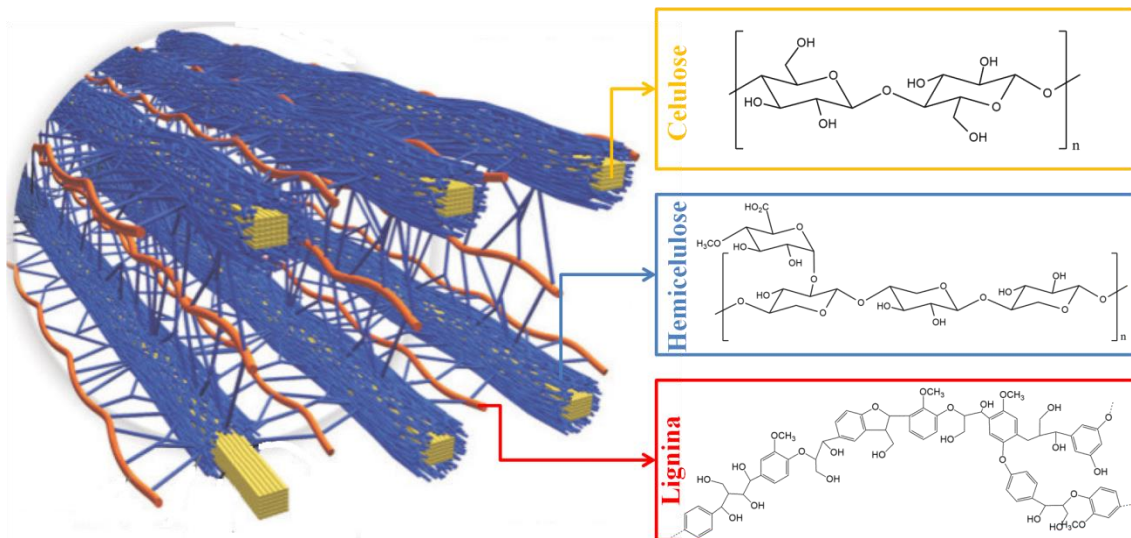


Figura 1 - Representação estrutural das fibras lignocelulósicas (Fonte: SANTOS, 2020)

A celulose é um polímero obtido por policondensação, composta por uma unidade básica formada por um heterociclo de 5 carbonos e com extremidades da cadeia quimicamente distintas. Uma das extremidades possui o grupo hemiacetal não substituído, que por sua vez age como agente redutor. A outra extremidade é não redutora (OBERLINTNER *et al.*, 2021). Na Figura 2 está representada a estrutura química da celulose.

A estabilidade da molécula é garantida pela formação de ligações intra e intermoleculares de hidrogênio entre as cadeias de celulose (Figura 2) resultando na formação das fibras (PRADO *et al.*, 2020; OBERLINTNER *et al.*, 2021). Diversas estruturas tridimensionais de cadeias de celulose se organizam formando regiões cristalinas e amorfas (OBERLINTNER *et al.*, 2021).

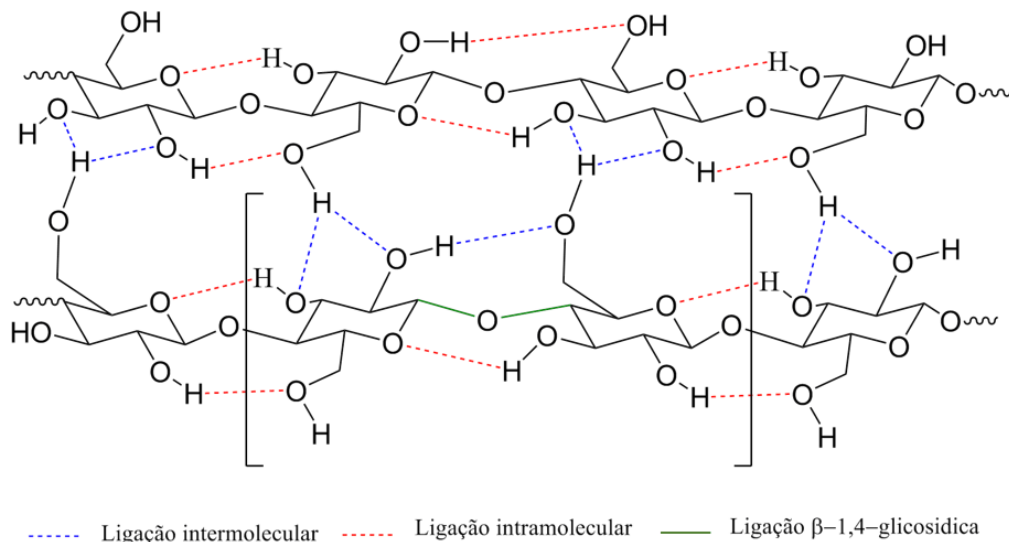


Figura 2 - Estrutura química da celulose com representação das ligações intra e intermoleculares de hidrogênio e da ligação glicosídica (Fonte: Adaptado de PRADO *et al.*, 2020)

As ligações de hidrogênio e β -glicosídicas conferem ao polímero de celulose maior rigidez, viscosidade bem como tendência a cristalizar ou formar estruturas fibrilares (OBERLINTNER *et al.*, 2021). Desta forma, o alto grau de polimerização e orientação molecular da celulose são responsáveis por conferir resistência às fibras, sendo encontrada em concentrações de 40 - 50 % em massa nas mesmas (ALBINANTE *et al.*, 2013; CHEN *et al.*, 2017).

A estrutura química da hemicelulose é representada na Figura 1. Ela está presente na fibra lignocelulósica em teores de 25 a 30 % em massa, sendo composta

por múltiplas moléculas complexas e amorfas, bem como polímeros ramificados constituídos por açúcares de carbono com estruturas químicas distintas (KABIR *et al.*, 2012; ALBINANTE *et al.*, 2013). A hemicelulose pode ser facilmente hidrolisada, convertida e transformada, o que por sua vez, apresenta vantagens para sua utilização em variadas aplicações (AMUSA *et al.*, 2020). As moléculas de hemicelulose ligam-se às fibrilas de celulose geralmente por ligações de hidrogênio, dando origem a materiais de cimentação que auxiliam na estruturação da fibra (KABIR *et al.*, 2012).

A lignina corresponde a 15 - 20 % em massa da fibra lignocelulósica, conferindo rigidez e tensão compressiva a ela (CHEN *et al.*, 2017). Ela é uma macromolécula aromática amorfa com constituintes alifáticos e aromáticos (MONTEIRO *et al.*, 2011), como observado na estrutura apresentada na Figura 1. A presença da lignina nas fibras está relacionada ao suporte mecânico, fornecendo impermeabilidade à parede celular, além de permitir o transporte de água e solutos através do sistema vascular (RENCORET *et al.*, 2011).

A lignina e a pectina acoplam-se a esta rede formada pela celulose-hemicelulose estabelecendo uma característica adesiva de forma a conservar as moléculas unidas. As propriedades de resistência e suporte mecânico da fibra são atribuídas a esta alta adesão. No entanto, o aumento do teor total de celulose na fibra melhora a resistência à tração das fibras, ao passo que ela diminui com o aumento do teor de lignina presente na composição da fibra (RAJAK *et al.*, 2019).

Cada parede celular é composta por microfibrilas cristalinas de celulose rígidas, com diâmetro de 10-30 nm, incorporadas a uma matriz de lignina e hemicelulose (CHIRAYIL *et al.*, 2014), formando a parede vegetal das fibras, representada na Figura 3. Ela é composta por paredes primárias e secundárias, e apresentam diferenças na composição (razão entre celulose e hemicelulose/lignina) bem como na quantidade de microfibrilas de celulose (SANTOS, 2020).

A camada mais externa da parede celular corresponde à parede primária. Ela é uma camada fina (100 – 200 nm), formada por nanofibras desordenadas e amorfas. A parede celular secundária (espessura de 2 – 4 μm) é constituída por três camadas (S_1 , S_2 e S_3) que apresentam diferenças no teor de celulose. A camada S_1 corresponde à camada mais externa. A camada dominante S_2 é mais espessa, e com maior teor de celulose, constituída por nanofibras orientadas e cristalinas, conferindo maior resistência mecânica à fibra. A camada interna S_3 encontra-se disposta em

torno do lúmen, sendo este o vacúolo central da célula vegetal durante o crescimento da fibra (SANTOS, 2020; PRADO *et al.*, 2020).

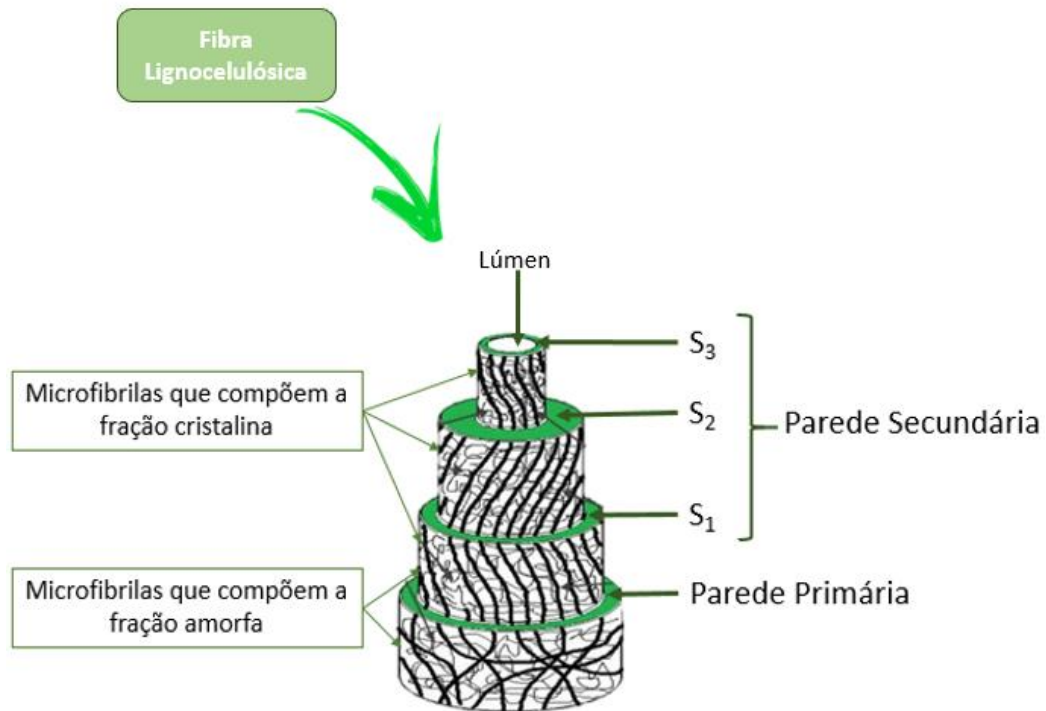


Figura 3 - Estrutura parede vegetal fibra natural (Fonte: Adaptado de ASHOK *et al.*, 2019)

As microfibrilas de celulose nas camadas S_1 , S_2 e S_3 , se orientam em ângulos característicos em relação ao eixo da fibra. Estes ângulos microfibrilares variam de acordo com a camada da parede celular e com o tipo de planta (PRADO *et al.*, 2020). Os ângulos microfibrilares e a relação entre a celulose e lignina/hemicelulose são diferentes para cada fibra, e são estes parâmetros que definem as propriedades mecânicas das fibras lignocelulósicas (CHIRAYIL *et al.*, 2014; MONTEIRO *et al.*, 2011).

A utilização de fibras lignocelulósicas em aplicações comerciais, como por exemplo, como reforço em materiais compósitos vem ganhando interesse. Isso ocorre por serem materiais resistentes, leves, abundantes, não abrasivos e de baixo custo (JAWAID *et al.*, 2011). Além disso, são provenientes de recursos renováveis e com apelo mercadológico.

No Brasil, as fibras mais utilizadas para o desenvolvimento de materiais compósitos são provenientes do bagaço de cana, bambu, arroz e palha de trigo (SATYANARAYANA *et al.*, 2007). Dentre estas, o bagaço de cana-de-açúcar se destaca devido a sua grande produção e volume descartado (LOH *et al.*, 2013).

1.2 Bagaço de Cana-de-açúcar

Cultivada pela primeira vez no sudeste da Ásia e no oeste da Índia, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), Figura 4a, foi introduzida no Brasil há quase 500 anos (HOFSET *et al.*, 2012).

A produção brasileira de cana-de-açúcar teve aumento significativo a partir dos anos 2000, expandindo-se a taxas médias de 8,2 % anuais. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar de forma que a Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) estima produção superior a 650 milhões de toneladas no período de 2020/21. A região sudeste se destaca, sendo responsável por 55 - 60 % do cultivo total do país (IBGE, 2017).

O bagaço da cana-de-açúcar (Figura 4b) é o resíduo fibroso da planta, obtido após extração do caldo da cana, como subproduto da indústria açucareira (LOH *et al.*, 2013; SANTOS, 2020). Como cada tonelada de cana gera cerca de 0,3 tonelada de bagaço, uma grande quantidade desse resíduo é gerada (HOFSET *et al.*, 2012).

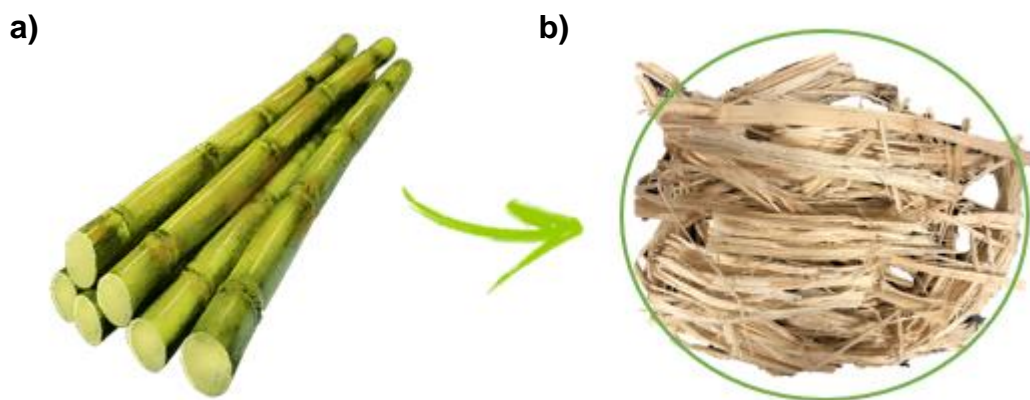


Figura 4 - Imagem **a)** cana de açúcar e **b)** do bagaço de cana (Fonte: Adaptado de QASIM *et al.*, 2020)

Quando o resíduo de bagaço de cana é descartado de forma inadequada ele se torna um poluente ambiental podendo gerar diversos problemas, tais como poluição de águas, formação de poeira, odores desagradáveis além de poder ocorrer ignição espontânea (SANTOS, 2020).

Atualmente este resíduo é usado como combustível nas usinas de açúcar e álcool, sendo queimado para produzir vapor, que por sua vez é utilizado nos

processos, bem como para produção de energia elétrica (TEIXEIRA *et al.*, 2015). O bagaço de cana-de-açúcar é ainda aplicado como fertilizante nas plantações de cana (XU *et al.*, 2019).

O uso das fibras do resíduo de bagaço de cana como material de reforço em compósitos poliméricos seria uma alternativa interessante devido a sua composição e baixo custo de fabricação (SATYANARAYANA *et al.*, 2007; LOH *et al.*, 2013). Entretanto, o bagaço de cana apresenta menor teor de celulose, se comparado a outras fibras lignocelulósicas (Tabela 1) (LOH *et al.*, 2013), o que pode limitar sua utilização, pois melhores propriedades mecânicas são associadas a fibras com maiores teores de celulose (SANTOS, 2020). Uma possibilidade seria realizar pré-tratamentos nas fibras, uma vez que eles promovem a remoção parcial de lignina e hemicelulose (KARIMI *et al.*, 2013). Como elas compõem a fase amorfa das fibras lignocelulósicas, sua remoção otimiza as propriedades mecânicas da fibra e, conseqüentemente, as propriedades finais do compósito (KARIMI *et al.*, 2013).

A característica hidrofílica da fibra, também pode ocasionar uma adesão não efetiva quando adicionadas a matrizes poliméricas de natureza hidrofóbica. Desta forma, o pré-tratamento nas fibras pode permitir uma melhor adesão com esse tipo de matriz polimérica. Isso ocorre devido a maior área superficial obtida, que pode estar associada ao aumento da rugosidade, além da exposição de grupos mais reativos na superfície da fibra (SANTOS, 2020).

1.3 Pré-tratamento

O pré-tratamento das fibras consiste na quebra e remoção da lignina, seguida da degradação das hemiceluloses (MEENAKSHISUNDARAM *et al.*, 2021; CHEN *et al.* 2017). Geralmente os objetivos deste processo estão relacionados à melhora na compatibilidade entre a fibra e a matriz polimérica, além do aumento da relação comprimento/diâmetro, o que por sua vez promove melhora nas propriedades mecânicas e/ou térmicas do compósito final (GALLOS *et al.*, 2017).

Desta forma, ocorre diminuição da densidade e rigidez da região interfibrilar mediante a remoção de hemicelulose, o que permite um rearranjo das fibrilas na direção de deformação mecânica (SANTOS, 2020). Como consequência, a carga

sofrida diante do esforço mecânico, por exemplo, será mais bem distribuída. Na Figura 5 está representado esquematicamente este processo.

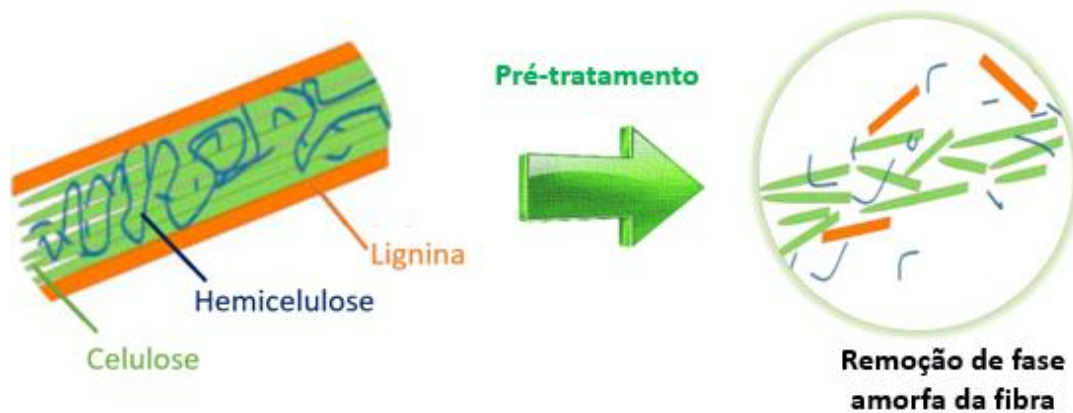


Figura 5 - Pré-tratamento de fibras lignocelulósicas (Fonte: Adaptado de MUSSATTO *et al.*, 2016)

Portanto, um pré-tratamento eficiente irá promover uma maior exposição da superfície interna e modificação da cristalinidade da fibra. Além disso, haverá uma maior acessibilidade à celulose, e quebra das ligações de hidrogênio interfibrilares além de beneficiar o aumento de sua reatividade (PRADO *et al.*, 2020).

Vários pré-tratamentos são usados nas fibras, dentre eles: químico (alcalino, silano, anidrido acético ou anidrido maleico), físico (irradiação, plasma, térmico), mecânico (extrusão, corte) e biológico (enzimático, maceração) (GALLOS *et al.*, 2017; CHEN *et al.* 2017). Na Tabela 2 são mostradas as vantagens e desvantagens dos diferentes pré-tratamentos usados nas fibras lignocelulósicas, como o bagaço de cana-de-açúcar.

Os pré-tratamentos químicos atuam na superfície da fibra, sendo usados ácidos (HCl) ou bases (NaOH) para removerem componentes não celulósicos superficiais (GALLOS *et al.*, 2017). Desta forma, eles atuam na modificação e/ou remoção de hemiceluloses e lignina, alterando a estrutura cristalina da celulose (KARIMI *et al.* 2013).

Geralmente são usadas substâncias químicas que interagem com a fibra, promovendo melhor interação com o compósito, reduzindo o caráter hidrofílico das fibras e melhorando a compatibilidade com a matriz (ALBINANTE *et al.*, 2012; KABIR *et al.*, 2012). As ligações formadas entre as fibras e as substâncias utilizadas para o processo podem ser covalentes, ligações de hidrogênio ou ácido-base (ALBINANTE *et al.*, 2013).

Tabela 2: Vantagens e desvantagens dos pré-tratamento das fibras lignocelulósicas

Tipos de pré-tratamento	Métodos de pré-tratamento	Vantagens	Desvantagens
Físico	Micro-ondas	Operação simples, eficiência energética, baixo tempo	Alto custo
	Ultrassônico	Aumento na acessibilidade e reatividade da celulose	Negativo para hidrólise enzimática
	Radiação de elétrons de alta energia	Diminui o grau de polimerização da celulose	Alto custo
	Pirólise de alta temperatura	Decomposição rápida da celulose	Consumo energético, baixa produtividade
Químico	Ácido concentrado	Alta conversão de açúcar	Alto custo, altamente tóxico e corrosivo
	Ácido diluído	Processo rápido	Temperatura e pressão elevadas, formação de inibidores
	Alcalino	Realizado à temperatura ambiente, quebra da lignina	Menor degradação de açúcar
	Oxidativo	Remoção eficiente da lignina, não gera resíduos tóxicos ao ambiente	Alto custo
	Organossolvente	Obtenção de lignina pura, celulose e hemicelulose	Alto custo, impactos ambientais e fermentação
	Líquido iônico	Grande faixa de temperatura de aplicação, não gera resíduos tóxicos ao ambiente	Alto custo

	Explosão e vapor	Transformação da lignina, solubilização da hemicelulose e custo-benefício	Temperatura e pressão elevadas
Físico-químico	Método AFEX explosão CO ₂	Aumento da área de superfície da celulose	Alto custo, não é eficiente para material bruto com alto teor de lignina
	Catálise elétrica	Custo-benefício, aumenta área de superfície da celulose, remoção efetiva de lignina	Baixa eficiência, alta pressão, não afeta lignina e hemicelulose
Biológico	-	Degradação da lignina e hemicelulose, baixo consumo energético	Baixa taxa de hidrólise

FONTE: Elaborado pelo autor com base em (CHEN *et al.* 2017)

Os métodos de pré-tratamentos físicos são conhecidos por sua capacidade de promover o aumento na adesão interfacial fibra-matriz, sem que haja comprometimento das propriedades químicas das fibras (QASIM *et al.*, 2020). Eles são, geralmente, empregados para modificar as propriedades superficiais da fibra, como por exemplo, o aumento da polaridade da superfície, que por sua vez permite maior molhabilidade das fibras (QASIM *et al.*, 2020).

Também promovem o aumento da área de superfície acessível à enzima por meio da redução de tamanho das fibras (KARIMI *et al.* 2013). Para esta finalidade aplicam-se diferentes métodos, tais como moagem, irradiações e extrusão (KARIMI *et al.* 2013).

Quando um pré-tratamento químico é combinado com um tratamento físico, chamamos de pré-tratamento físico-químico. De maneira geral, usa-se um tratamento mecânico ou de explosão, visando a redução de tamanho da fibra, seguido de tratamento alcali, ácido ou com solvente (KARIMI *et al.*, 2013). Isso ocorre, pois, a utilização exclusiva do processo físico não é suficiente para garantir a hidrólise enzimática de forma eficiente. (KARIMI *et al.*, 2013). Desta forma, sem a redução do tamanho, ocorre maior relação sólido por líquido no processo, o que faz com que a hemicelulose fique mais concentrada no sistema, dificultando a hidrólise enzimática (KARIMI *et al.*, 2013).

Nos tratamentos biológicos, a degradação da lignina ocorre pela inserção de bactérias e micróbios, os quais podem gerar enzimas que irão decompor a lignina no processo. Dentre eles, a utilização de fungo da podridão branca corresponde ao método com melhor eficácia para decomposição da lignina (CHEN *et al.* 2017). Este método apresenta diversas vantagens, como condição amena, baixo consumo energético além de não gerar resíduos tóxicos ao ambiente. No entanto, o fungo da podridão branca consome parte da celulose e hemicelulose durante o crescimento, além das enzimas ligninolíticas apresentarem baixa atividade, impossibilitando a aplicação em larga escala (CHEN *et al.* 2017).

De maneira geral, na literatura é relatado que os pré-tratamentos químicos são os mais utilizados para as fibras lignocelulósicas visando uso em compósitos. Porém, faltam estudos relacionados especificamente aos pré-tratamentos utilizados em fibras de bagaço de cana-de-açúcar. Portanto, esse trabalho tem como objetivo realizar um levantamento dos principais pré-tratamentos empregados às fibras de bagaço de cana-de-açúcar que são adicionadas em compósitos poliméricos, e apresentar os mecanismos relacionados no processo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo realizar o levantamento dos principais pré-tratamentos empregados em fibras de bagaço de cana-de-açúcar, e analisar a utilização delas no desenvolvimento de compósitos poliméricos.

2.2 Objetivos Específicos

- I. Levantar o número de artigos relatados na base do Web of Science, que utilizaram pré-tratamento de fibras de bagaço de cana-de-açúcar para produção de compósitos poliméricos;

- II. Definir com base nos artigos obtidos, qual o tipo de pré-tratamento mais empregado em fibras de bagaço de cana-de-açúcar para aplicação desses compósitos;
- III. Estudar de maneira mais detalhada o principal tipo de pré-tratamento apontado na literatura.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado o levantamento pesquisando apenas por artigos científicos. Os dados foram coletados entre 30/06/2021 e 11/07/2021 utilizando a base do *Web of Science*. Para o levantamento inicial, no campo “Topic” (TS), inseriu-se as palavras-chave “sugarcane bagasse” e “composites”, utilizado o conectivo “AND”. No campo “Tipos de Documentos” selecionou-se *artigos* e “Anos de Publicação” selecionou-se o período de 2017 a 2021.

Os artigos obtidos através dessa busca inicial foram revisados, de modo a observar se realmente faziam parte do escopo do presente trabalho. Para isso foi analisado o resumo e a metodologia de cada artigo, sendo descartados os que não tinham como objetivo a utilização de fibras de bagaço de cana-de-açúcar como fase dispersa de compósitos poliméricos.

As publicações selecionadas foram analisadas de maneira a quantificar os trabalhos que utilizaram pré-tratamento, assim como apontar os principais tipos e metodologias de tratamentos. Os dados foram tratados com auxílio do *software* Origin.

Analisou-se de forma mais detalhada a metodologia mais usada, nas publicações analisadas, visando aplicação das fibras de bagaço de cana-de-açúcar para produção de compósitos poliméricos.

Na Figura 6 é apresentada o fluxograma da metodologia utilizada para análise das publicações.

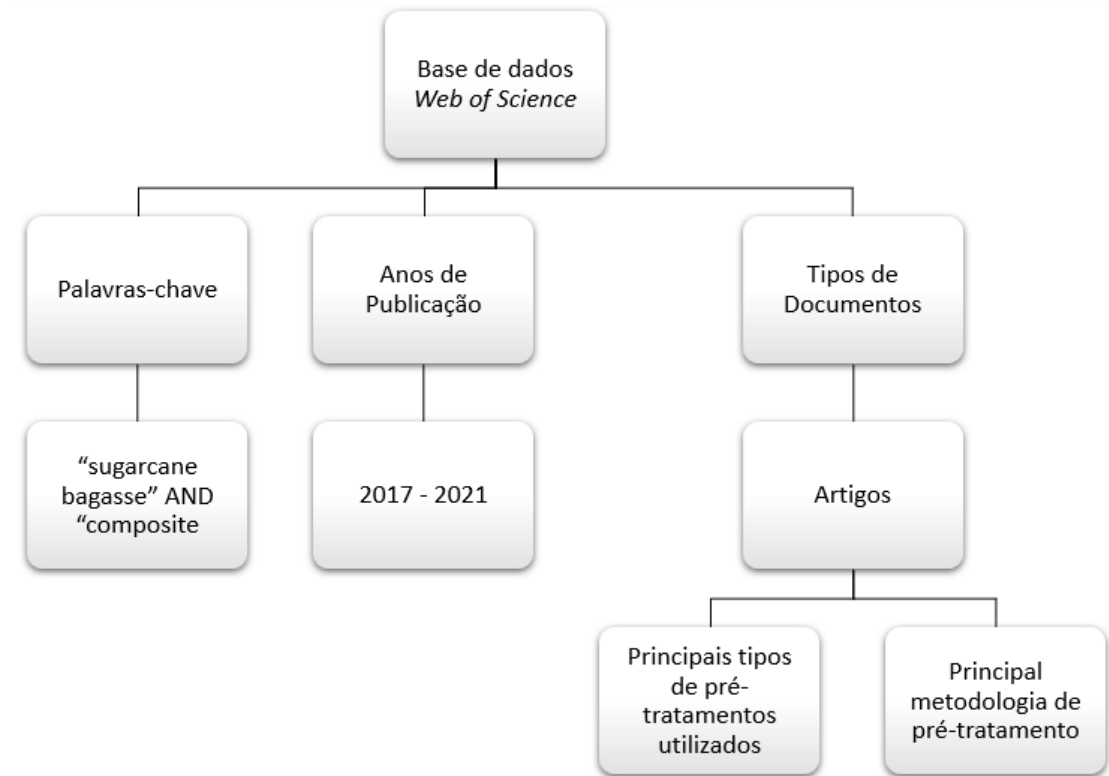


Figura 6 - Fluxograma para levantamento das publicações

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento dos artigos

Foi realizado o levantamento do número de artigos que utilizaram fibras do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de compósitos de matrizes poliméricas, no período entre 2017 e 2021. Inicialmente foram obtidos 449 artigos, quando utilizadas as palavras-chave "sugarcane bagasse" e "composite" utilizando o conector "AND". Após uma análise mais detalhada, revisando os resumos e metodologias destas publicações, a busca resultou em um total de 85 artigos. Na Tabela 3 estão dispostas as todas as 85 publicações, assim como os tipos e metodologias de pré-tratamentos utilizados em cada um.

Tabela 3: Publicações com utilização de fibras de bagaço cana-de-açúcar para produção de compósitos

COM PRÉ-TRATAMENTO			SEM PRÉ-TRATAMENTO
Referência	Tipo	Método	Referência
<i>JIMÉNEZ et al. (2017)</i>	Químico	Alcalino	BALAJI et al. (2020)
<i>URIBE et al. (2017)</i>	Químico	Ácido	LEMOS et al. (2017)
<i>FOCKINK et al. (2017)</i>	Físico-químico	Explosão e vapor	SANTOS et al. (2017)
<i>PINHEIRO et al. (2017)</i>	Químico	Organosolvente	RAGUNATHAN et al. (2017)
<i>OTTO et al. (2017)</i>	Químico	Alcalino	CANDIDO et al. (2017)
<i>GOKUL et al. (2017)</i>	Químico	Alcalino	BALAJI et al. (2018)
<i>SASHA et al. (2017)</i>	Químico	Líquido Iônico	MOREIRA et al. (2018)
<i>MESQUITA et al. (2017)</i>	Químico	Alcalino	SANTOS et al. (2018)
<i>KHOO et al. (2017)</i>	Químico	Alcalino	LUZ et al. (2018)
<i>MAKHETHA et al. (2017)</i>	Químico	Alcalino	ILANGO VAN et al. (2018)
<i>SINGH et al. (2017)</i>	Químico	Alcalino	CESTARI et al. (2018)
<i>RANI et al. (2018)</i>	Químico	Alcalino	YU et al. (2019)
<i>ISAAC et al. (2018)</i>	Físico-químico	Alcalino com micro-ondas e H ₂ SO ₄	Coelho, KVD (2020)
<i>WANG et al. (2018)</i>	Físico	Pirólise	MD et al. (2020)
<i>MULINARI et al. (2018)</i>	Químico	Ácido	ROCHA et al. (2020)
<i>GUO et al. (2018)</i>	Químico	Alcalino	YADAV et al. (2020)
<i>WANG et al. (2018)</i>	Químico	Líquido Iônico	NOREEN et al. (2020)
<i>CABRAL et al. (2020)</i>	Físico	Ultrassônico	JAMSHAD et al. (2020)
<i>SHARMA et al. (2018)</i>	Químico	Líquido Iônico	BARTOS et al. (2021)
<i>Sibiya et al. (2018)</i>	Químico	Alcalino	
<i>SRIRACHYA et al. (2018)</i>	Químico	Alcalino	
<i>XIONG et al. (2018)</i>	Químico	Alcalino	
<i>TITA et al. (2018)</i>	Químico	Organosolvente	

MZIMELA <i>et al.</i> (2018)	Químico	Alcalino
SILVA <i>et al.</i> (2019)	Físico	Ultrassônico
KHALAF <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
MISHRA <i>et al.</i> (2019)	Químico	Ácido
RODIER <i>et al.</i> (2019)	Físico	Pirólise
BAKY <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
AGUILAR <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
THIANGHTAM <i>et al.</i> (2019)	Químico	Peróxido alcalino
SUCHARITPONG <i>et al.</i> (2019)	Físico-químico	Explosão e vapor
SYROVÝ <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
GAN <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
HARCHEGANI <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
BALAJI <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
SINGH <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
ATTIA <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
FERREIRA <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
SOFLA <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino com hidrólise ácida
ELHASSANI <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
MOHIT <i>et al.</i> (2019)	Químico	Alcalino
PASCAL <i>et al.</i> (2019)	Químico	Ácido
PRASAD <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
SOARES <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
GANDARA <i>et al.</i> (2020)	Físico-químico	Explosão e vapor
MARICHELVAM <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
OLIVEIRA <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
ZAINAL <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino com 3-APS Silano
MAYAME <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino

PANICKER <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
NANCI <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
BARTOS <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
GOMES <i>et al.</i> (2020)	Químico	Ácido
JAYAMANI <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
RIBEIRO <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
MESA <i>et al.</i> (2020)	Químico	Líquido Iônico
AGUIRRE <i>et al.</i> (2020)	Químico	Mercerização e 3 Silano
LIU <i>et al.</i> (2020)	Físico	Ultrassônico
LI <i>et al.</i> (2020)	Químico	Ácido
NAGY <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
BARRETO <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
JIMAT <i>et al.</i> (2020)	Químico	Alcalino
ALI <i>et al.</i> (2021)	Químico	Alcalino
MOTA <i>et al.</i> (2021)	Químico	Alcalino
KUMAR <i>et al.</i> (2021)	Químico	Alcalino

Os dados obtidos após o levantamento foram analisados e mostrados na forma de gráficos. Na Figura 7a estão apresentados os resultados da busca na base do *Web of Science* em função do tempo. É possível observar uma tendência de aumento nas pesquisas com aplicação das fibras de bagaço de cana-de-açúcar no campo de desenvolvimento de compósitos. A disponibilidade em larga escala, baixo custo, baixa densidade, somado às propriedades mecânicas, tornam estas fibras uma alternativa relevante quando aplicada como material de reforço em compósitos poliméricos (RAMIREZ *et al.*, 2019; ILANGO VAN *et al.*, 2018).

A diminuição do número de publicações observada em 2021 pode estar associada à pandemia de COVID-19, causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, além da pesquisa ter sido realizada no mês de junho deste mesmo ano.

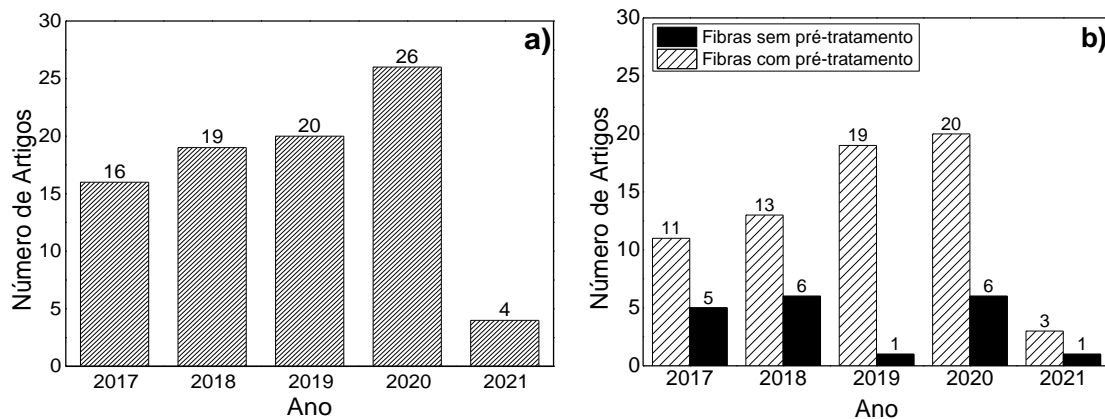


Figura 7 – Publicações no *Web of Science* de 2017 a 2021 a) utilização de fibras de bagaço de cana-de-açúcar para produção de compósitos; b) aplicação de pré-tratamento às fibras

Na figura 7b esses artigos foram divididos entre artigos que utilizaram ou não pré-tratamentos nas fibras. O perfil do gráfico sugere que as pesquisas no campo de desenvolvimento de compósitos reforçados com fibras de cana-de-açúcar pré-tratadas estão em um estágio emergente.

Em geral, compósitos reforçados com fibras não tratadas apresentam menor resistência à tração se comparado aos compósitos com fibras tratadas (QASIM *et al.*, 2020). As propriedades de tração das fibras lignocelulósicas, utilizadas como reforço em compósitos poliméricos, são afetadas pelas ligações interfaciais, teor de componentes não celulósicos, rugosidade da superfície e resistência à tração das

fibras bem como pela tenacidade do material que compõe a matriz (QASIM *et al.*, 2020). Além disso, a composição estrutural das fibras lignocelulósicas permite a absorção de umidade, o que pode levar a uma adesão ineficaz entre a fibra e a matriz. A fraca dispersão e intertravamento das fibras podem resultar na transferência ineficaz de tensões, bem como baixo desempenho mecânico dos compósitos (QASIM *et al.*, 2020).

BARTOS *et al.* (2020) analisaram a influência da aplicação do pré-tratamento em diferentes concentrações (1, 2, 4, 5, 8 e 12 % em massa) em compósitos de polipropileno, com diferentes concentrações (5, 10, 15, 20 e 25 % em volume) de fibras de bagaço de cana tratadas e não tratadas. O estudo mostrou que o tratamento com solução de NaOH com 5 % em massa apresentou os melhores resultados. Além disso, a utilização de maiores teores de fibra e a aplicação de tratamento alcalino resultou em maior rigidez, além do aumento na resistência à tração do compósito com utilização de 25 % em volume da fibra tratada (45,0 MPa) em relação ao compósito com o mesmo teor de fibra não-tratada (38,7 MPa).

Foram selecionadas as publicações que fizeram o uso de pré-tratamento nas fibras de bagaço de cana-de-açúcar. Na Figura 8 é apresentado os tipos de pré-tratamento descritos nas pesquisas analisadas no período de 2017 a 2021.

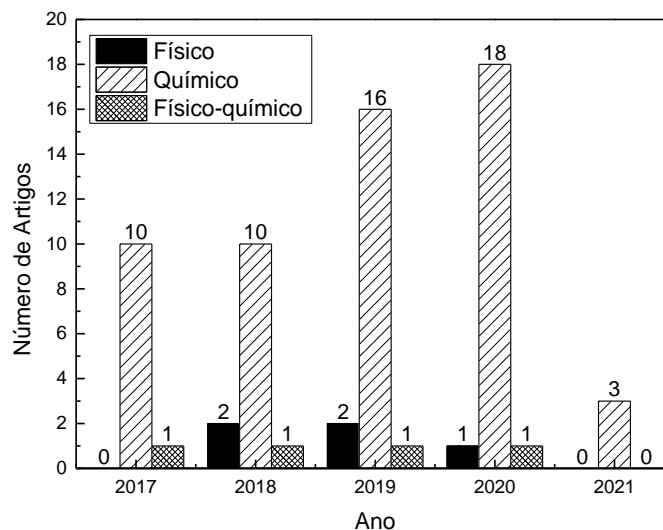


Figura 8 – Tipos de pré-tratamento usados nas fibras de bagaço de cana-de-açúcar para produção de compósitos poliméricos.

O pré-tratamento químico foi o mais utilizado neste período de acordo com as publicações selecionadas, sendo empregado em 86,4 % dos artigos que utilizaram pré-tratamento. Uma possível razão para isso seria a característica deste tipo de pré-

tratamento em reduzir a tendência hidrofílica das fibras, promovendo maior compatibilidade com a matrizes hidrofóbicas, além da capacidade de modificar a cristalinidade da fibra, por meio da remoção ou modificação de lignina e hemicelulose (KABIR *et al.*, 2012; KARIMI *et al.*, 2013).

Os pré-tratamentos físicos e físico-químicos foram utilizados por apenas 7,6 % e 6,1 % das publicações, respectivamente, dentre os artigos que utilizaram pré-tratamento. Não foram observados nenhum trabalho que descrevesse o uso do tratamento biológico. Isso pode ser explicado pois este tipo de pré-tratamento ainda possui baixa aplicação industrial, além de apresentar como desvantagem o longo tempo de armazenamento devido à baixa taxa de hidrólise e baixa eficiência para remoção de hemicelulose (Alvira *et al.*, 2013; CHEN *et al.* 2017).

Os pré-tratamentos químicos foram então separados de acordo com os métodos. Na Figura 9 são apresentados os métodos de pré-tratamentos químicos aplicados às fibras das publicações analisadas. Observa-se que o pré-tratamento alcalino foi o mais utilizado, sendo descrito em 71% dos artigos que compõem esta revisão.

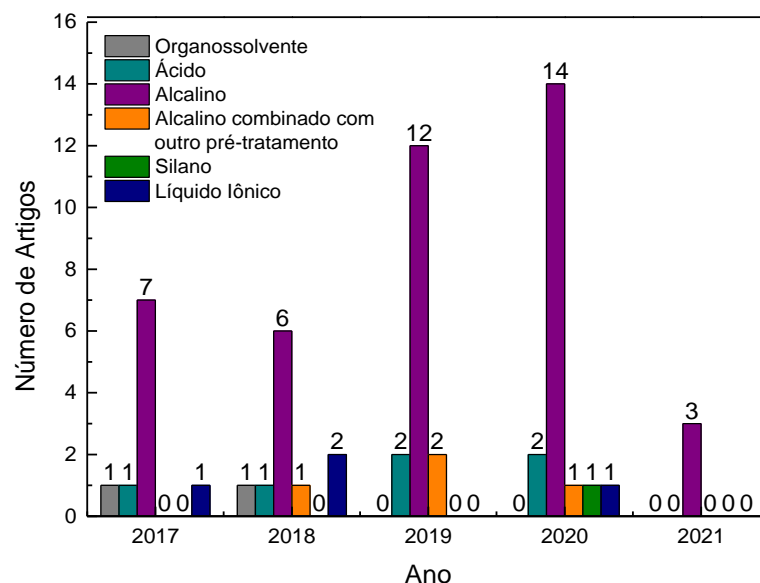


Figura 9 – Pré-tratamentos químicos utilizados nas fibras de bagaço de cana-de-açúcar

A alta ocorrência do uso do pré-tratamento alcalino pode estar associada ao fato de ser mais barato e possuir uma metodologia simples, podendo ser realizado em temperatura ambiente. Geralmente, promove uma melhora nos comportamentos mecânico e térmico das fibras utilizadas como reforço em compósitos (KABIR *et al.*, 2012).

GUO *et al.* (2018) produziram filmes de compósitos de acetato de polivinila (PVA) reforçados com 4, 8 e 12 % de fibras de bagaço de cana pré-tratadas (15 % massa/volume de NaOH). Foi observado que a tensão de escoamento atingiu valor máximo de 35,7 MPa com incorporação de 8 % em massa de fibra pré-tratada. Este valor é superior comparado ao de filmes de PVA puros (18,5 MPa). Houve também aumento no módulo de Young para a adição de 12 % em massa de fibra tratada quimicamente. O valor obtido (705 MPa) foi 5 vezes maior que o de filmes de PVA puro (132 MPa).

AGUIRRE *et al.* (2020) estudaram o comportamento de reprocessamento de compósitos de polipropileno, reforçados com fibras do bagaço de cana-de-açúcar usando pré-tratamento alcalino. As fibras foram lavadas em água destilada e secas a 60 °C por 48 h. Para o pré-tratamento utilizou-se solução de 8 % de NaOH. Os compósitos obtidos foram reprocessados 5 vezes utilizando processo de extrusão seguido de moldagem por injeção. Eles verificaram que a utilização das fibras quimicamente tratadas otimizou as propriedades mecânicas do compósito, apresentando aumento de 48 % no módulo de flexão no terceiro ciclo. Além disso, a caracterização térmica indicou aumento da temperatura de cristalização e estabilidade térmica da fase do polipropileno para todos os ciclos analisados.

Foram observados apenas 6 trabalhos que utilizaram o método de pré-tratamento ácido (10,2 %), 2 trabalhos que utilizaram os métodos com organossolvente (3,4 %), 1 publicação com aplicação de pré-tratamento com silano (1,7 %) e 4 artigos que utilizaram o pré-tratamento líquido iônico (6,8 %). Também foram encontradas 4 publicações que empregaram o pré-tratamento alcalino combinado com outros métodos (6,8 %).

Como foi observado, o pré-tratamento alcalino foi o mais utilizado em fibras de bagaço de cana-de-açúcar visando a aplicação em compósitos. Dessa forma, se torna interessante estudarmos um pouco mais sobre este pré-tratamento, visando entender suas particularidades e o porquê de ser o pré-tratamento mais aplicado.

4.2 Pré-tratamento alcalino

O pré-tratamento alcalino ou mercerização consiste no uso de solução alcalina, como hidróxido de sódio (NaOH), hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de amônio (NH₄OH), para modificar a estrutura e composição das fibras lignocelulósicas (KARIMI *et al.*, 2013; CHEN *et al.* 2017). Este método pode remover ou modificar a lignina e hemicelulose, além de aumentar a porosidade das fibras (KARIMI *et al.*, 2013; KABIR *et al.*, 2012). Ele também auxilia na remoção de substâncias cerosas, impurezas naturais e artificiais que recobrem a superfície externa da parede celular da fibra (GALLOS *et al.*, 2017; OUSHABI *et al.*, 2019).

A remoção de impurezas superficiais nas fibras vegetais promove melhor adesão entre a fibra e a matriz. Isso ocorre porque ela facilita o intertravamento mecânico, pelo fato de o pré-tratamento alcalino aumentar a rugosidade da superfície das fibras lignocelulósicas (OUSHABI *et al.*, 2019; ALBINANTE *et al.*, 2013). Além disso, pode promover o aumento da relação aspecto (comprimento/diâmetro), e aumentar a área de superfície efetiva para uma boa adesão à matriz (KABIR *et al.*, 2012; OUSHABI *et al.*, 2019).

Na Figura 10 é apresentada a reação que é muito utilizada no tratamento alcalino com NaOH (KABIR *et al.*, 2012; ALBINANTE *et al.*, 2013). Ela é favorecida pela facilidade de penetração do cátion Na⁺ na estrutura da fibra, devido ao seu pequeno diâmetro (SANTOS, 2020). Na região amorfa da fibra ocorre uma maior separação das cadeias de celulose, formando espaços que são preenchidos por moléculas de água. Ocorre a quebra das ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxilas (OH) sensíveis aos álcalis (OH⁻) presente na solução. Estes grupos reagem com as moléculas de água, movendo-se para fora da estrutura da fibra (KABIR *et al.*, 2012; SANTOS, 2020). Grupos fibra-O⁻Na⁺ são formados entre as cadeias moleculares de celulose pelas moléculas reativas restantes (KABIR *et al.*, 2012; SANTOS 2020).

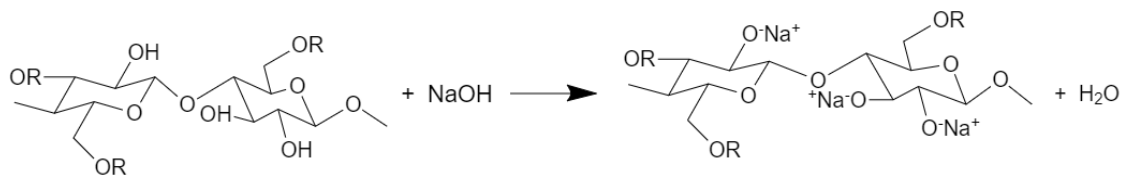


Figura 10 - Reação da celulose com NaOH (Fonte: Adaptado de OUSHABI *et al.*, 2019; KABIR *et al.*, 2012)

Devido à formação desses grupos fibra-O⁻Na⁺, diminui-se a concentração de grupos hidroxilas, reduzindo o caráter hidrofílico das fibras (KABIR *et al.*, 2012). Isso porque a característica hidrofílica dessas hidroxilas prejudica a adesão com matrizes de polímeros de natureza hidrofóbica (FERREIRA *et al.*, 2019). A mercerização também remove substâncias cerosas na superfície da fibra que agem como barreira ao intertravamento fibra-matriz, permitindo que ocorra maior transferência de tensões entre as fases do compósito (KABIR *et al.*, 2012; QASIM *et al.*, 2020).

Os tratamentos alcalinos são mais eficazes na solubilização da lignina (PRADO *et al.*, 2020). A deslignificação durante o pré-tratamento alcalino pode estar associada aos íons hidroxila (KARIMI *et al.*, 2013). Neste processo, podem ocorrer três tipos de reações: fragmentação, degradação e dissolução, e condensações de lignina. Moléculas pequenas como metanol e formaldeído podem ser formadas durante a fragmentação da lignina (KARIMI *et al.*, 2013) A degradação da lignina ocorre por clivagem de ligações menos frequentes, o que leva a uma eliminação parcial ou total das cadeias laterais. As condensações referem-se às reações de fragmentos de alta massa molar e baixa solubilidade, com as unidades de lignina (KARIMI *et al.*, 2013).

FERREIRA *et al.* (2019) quantificaram a alteração do teor de lignina e celulose usando o pré-tratamento alcalino. Para este método, adicionou-se aproximadamente 16 kg de fibra a 180 L de solução 1,5 % em massa de NaOH, a 100 °C por 1 h. O teor de celulose e lignina nas fibras inicialmente eram de 42,1 (± 3,5) % e 23,6 (± 0,3) %, respectivamente. Após o pré-tratamento alcalino, estas concentrações alteraram para 78,3 (± 0,5) % de celulose e 11,6 (± 0,6) % de lignina, uma redução de aproximadamente 51 % no teor de lignina.

Quatro artigos analisados neste trabalho empregaram o pré-tratamento alcalino em conjunto a outros tipos de pré-tratamento (Figura 9). Isso ocorre, pois, o pré-tratamento alcalino é geralmente utilizado para remover lignina, e quando combinado a outros métodos pode resultar em efeitos melhores (KARIMI *et al.*, 2013). Quando o

pré-tratamento alcalino é combinado com explosão de vapor, ácido diluído, tratamentos oxidativos, moagem úmida, micro-ondas ou ultrassom, por exemplo, é possível obter melhores rendimentos de açúcar de hidrólise enzimática, se comparado à aplicação dele sozinho (KARIMI *et al.*, 2013).

AGUIRRE *et al.* (2020) estudaram as propriedades do compósito usando o pré-tratamento alcalino (8 % em massa) combinado com silano nas fibras de bagaço de cana-de-açúcar. Esta combinação resultou em otimização das propriedades mecânicas do compósito, além de apresentarem a maior estabilidade térmica em todos os ciclos de processamento. Houve aumento de 15 % no módulo de flexão e 7 % na resistência à flexão. Os autores associaram esta melhora à otimização na dispersão das fibras do bagaço de cana com a matriz de polipropileno após o tratamento com silano, além do aumento da estabilidade térmica com estes pré-tratamentos combinados e melhor interação fibra-matriz gerada pelos ciclos de reprocessamento.

A concentração da solução, temperatura e tempo do tratamento são fatores que podem influenciar na eficiência do pré-tratamento alcalino (OUSHABI *et al.*, 2019). A otimização destes parâmetros contribui para melhora nas propriedades mecânicas das fibras lignocelulósicas, bem como do material compósito (OUSHABI *et al.*, 2019).

BARTOS *et al.* (2020) prepararam compósitos de polipropileno com fibras de bagaço de cana-de-açúcar com pré-tratamento alcalino. As fibras foram secas a 105 °C por 24 h e, posteriormente, adicionadas soluções de NaOH com concentrações distintas, por 1 h. Foram produzidos compósitos de polipropileno contendo 20 % em massa das fibras pré-tratadas. Um máximo nas propriedades mecânicas foi atingido em cerca de 5 % em massa do teor de NaOH utilizado na solução alcalina, apresentando aumento na rigidez do compósito, bem como aumento na resistência à tração.

5. CONCLUSÃO

O uso das fibras de bagaço de cana-de-açúcar como reforço, no campo de desenvolvimento de materiais compósitos poliméricos, tem ganhado interesse nos últimos anos. Isso pode estar associado ao bom desempenho mecânico, alta produção e baixo custo, além de ser vantajoso do ponto de vista ambiental, em função do aproveitamento deste resíduo agrícola.

Os resultados da análise das publicações que utilizaram as fibras de bagaço de cana, no período de 2017 a 2021, evidenciaram o aumento de trabalhos para aplicação de fibras pré-tratadas no desenvolvimento de compósitos. Foi selecionado um total de 85 artigos que utilizaram fibras de bagaço de cana em compósitos poliméricos, tendo 66 deles utilizado pré-tratamento.

É importante ressaltar que o baixo número de artigos obtidos referente ao ano de 2021 pode estar associado à pandemia de COVID-19, além do levantamento para este trabalho ter sido realizada em julho deste mesmo ano, não tendo completado o ano calendário do período em questão. Além destes fatores, as palavras-chaves utilizadas para a busca na base de dados do *Web of Science* pode ter influenciado no número de publicações. Para trabalhos futuros sugere-se uma revisão nestas palavras-chaves de modo a aumentar a assertividade da pesquisa.

O pré-tratamento químico foi o mais usado (86,4 % dos artigos que utilizaram pré-tratamento), e a mercerização ou tratamento alcalino, o método foi o mais utilizado (71 % dos artigos que utilizaram pré-tratamento). A grande utilização desse tipo de pré-tratamento provavelmente se deve ao seu baixo custo e sua fácil metodologia além de um aumento das propriedades mecânicas do compósito final, de maneira geral.

Apesar de sua grande utilização, a mercerização não possui uma alta capacidade de remoção de hemicelulose. Uma sugestão interessante para pesquisas futuras, seria analisar a influência da combinação do pré-tratamento alcalino a outras metodologias de pré-tratamento a fim de verificar a melhora na eficiência e eficácia das propriedades das fibras de bagaço de cana-de-açúcar visando o desenvolvimento de compósitos poliméricos.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, E.; DEEPA, B.; POTHAN, L.A.; JACOB, M.; THOMAS, S.; CVELBAR, U.; ANANDJIWALA, R.. Extraction of nanocellulose fibrils from lignocellulosic fibres: a novel approach. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 86, n. 4, p. 1468-1475, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.034>.
- AGUILAR, Nery M.; ARTEAGA-CARDONA, F.; REYES, M.e. de Anda; GERVACIO-ARCINIEGA, J.J.; SALAZAR-KURI, U.. Magnetic bioplastics based on isolated cellulose from cotton and sugarcane bagasse. **Materials Chemistry And Physics**, [S.L.], v. 238, p. 121921, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.121921>.
- AGUIRRE, Juan P.; LUNA-VERA, Fernando; CAICEDO, Carolina; VERA-MONDRAGÓN, Bairo; HIDALGO-SALAZAR, Miguel A.. The Effects of Reprocessing and Fiber Treatments on the Properties of Polypropylene-Sugarcane Bagasse Biocomposites. **Polymers**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 1440, 27 jun. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym12071440>.
- ALBINANTE, Sandra Regina; PACHECO, Élen Beatriz Acordi Vasques; VISCONTE, Leila Lea Yuan. Revisão dos tratamentos químicos da fibra natural para mistura com poliolefinas. **Química Nova**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 114-122, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422013000100021>.
- ALI, Maimunah Asem Shehadeh Saleh; JIMAT, Dzun Noraini; NAWAWI, Wan Mohd Fazli Wan; SULAIMAN, Sarina. Antibacterial, Mechanical and Thermal Properties of PVA/Starch Composite Film Reinforced with Cellulose Nanofiber of Sugarcane Bagasse. **Arabian Journal For Science And Engineering**, [S.L.], p. 1-8, 16 abr. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13369-021-05336-w>.
- AMUSA, Abiodun; AHMAD, Abdul; ADEWOLE, Jimoh. Mechanism and Compatibility of Pretreated Lignocellulosic Biomass and Polymeric Mixed Matrix Membranes: a review. **Membranes**, [S.L.], v. 10, n. 12, p. 370, 26 nov. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/membranes10120370>.
- ASHOK, R. B.; SRINIVASA, C. V.; BASAVARAJU, B.. Dynamic mechanical properties of natural fiber composites—a review. **Advanced Composites And Hybrid Materials**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 586-607, 14 nov. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s42114-019-00121-8>.
- ASHRAF, Muhammad Ahsan; ZWAWI, Mohammed; MEHRAN, Muhammad Taqi; KANTHASAMY, Ramesh; BAHADAR, Ali. Jute Based Bio and Hybrid Composites and Their Applications. **Fibers**, [S.L.], v. 7, n. 9, p. 77, 28 ago. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/fib7090077>.
- ATTIA, Amina Abdel Meguid; ANTONIOUS, Maged Shafik; SHOUMAN, Mona Abdel Hamid; NADA, Ahmed Ali Ahmed; ABAS, Khadiga Mohamed. Processing and fundamental characterization of carbon fibers and cellulose nanocrystals derived

from bagasse. **Carbon Letters**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 145-154, 13 fev. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s42823-019-00034-y>.

BALAJI, A.; KARTHIKEYAN, B.; SWAMINATHAN, J.; RAJ, C Sundar. Effect of Filler Content of Chemically Treated Short Bagasse Fiber-Reinforced Cardanol Polymer Composites. **Journal Of Natural Fibers**, [S.L.], v. 16, n. 4, p. 613-627, 29 jan. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15440478.2018.1431829>.

BALAJI, A.; KARTHIKEYAN, B.; SWAMINATHAN, J.; RAJ, C. Sundar. Mechanical behavior of short bagasse fiber reinforced cardanol-formaldehyde composites. **Fibers And Polymers**, [S.L.], v. 18, n. 6, p. 1193-1199, jun. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12221-017-7009-y>.

BALAJI, A.; KARTHIKEYAN, B.; SWAMINATHAN, J.; RAJ, C. Sundar. Thermal behavior of cardanol resin reinforced 20 mm long untreated bagasse fiber composites. **International Journal Of Polymer Analysis And Characterization**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 70-77, 21 nov. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/1023666x.2017.1387448>.

BARRETO, Elisa da S.; BAÊTA, Bruno E. L.; PEREIRA, Márcio C.; PASQUINI, Daniel; GUIMARÃES, Valéria M.; GURGEL, Leandro V. A.. 2-Hydroxy-1,4-naphthoquinone (Lawsone) as a Redox Catalyst for the Improvement of the Alkaline Pretreatment of Sugarcane Bagasse. **Energy & Fuels**, [S.L.], v. 34, n. 12, p. 16228-16239, 4 dez. 2020. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.0c02990>.

BARTOS, András; NAGY, Kristóf; ANGGONO, Juliana; ANTONI; PURWANINGSIH, Hariyati; MÓCZÓ, János; PUKÁNSZKY, Béla. Biobased PLA/sugarcane bagasse fiber composites: effect of fiber characteristics and interfacial adhesion on properties. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, [S.L.], v. 143, p. 106273, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2021.106273>.

BARTOS, András; UTOMO, Benny Putra; KANYAR, Barnabás; ANGGONO, Juliana; SOETAREDJO, Felycia Edi; MÓCZÓ, János; PUKÁNSZKY, Béla. Reinforcement of polypropylene with alkali-treated sugarcane bagasse fibers: mechanism and consequences. **Composites Science And Technology**, [S.L.], v. 200, p. 108428, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compscitech.2020.108428>.

CANDIDO, Verônica Scarpini; SILVA, Alisson Clay Rios da; SIMONASSI, Noan Tonini; LUZ, Fernanda Santos da; MONTEIRO, Sergio Neves. Toughness of polyester matrix composites reinforced with sugarcane bagasse fibers evaluated by Charpy impact tests. **Journal Of Materials Research And Technology**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 334-338, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2017.06.001>.

CESTARI, Sibeled Piedade; ALBITRES, Gerson Alberto Valencia; MENDES, Luis C; ALTSTÄDT, Volker; GABRIEL, Jair Braga; AVILA, Gabriel Carvalho Bertassone; SILVEIRA, Ivan de Sousa dos Santos. Advanced properties of composites of recycled high-density polyethylene and microfibers of sugarcane bagasse. **Journal**

Of Composite Materials, [S.L.], v. 52, n. 7, p. 867-876, 19 jun. 2017. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0021998317716268>.

CHEN, Hongyan; LIU, Jinbao; CHANG, Xing; CHEN, Daming; XUE, Yuan; LIU, Ping; LIN, Hualin; HAN, Sheng. A review on the pretreatment of lignocellulose for high-value chemicals. **Fuel Processing Technology**, [S.L.], v. 160, p. 196-206, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.12.007>.

CHIRAYIL, Jose Cintil; MATHEW, Lovely; THOMAS, Sabu. Review of recente research in nano celulose preparation from diferente lignocellulosic fibers. **Advanced Materials**. [S.L.], v. 37, p. 20-28, 2014. Advanced Study Center Co. Ltd.

CHONG, Ting Yen; LAW, Ming Chiat; CHAN, Yen San. The Potentials of Corn Waste Lignocellulosic Fibre as an Improved Reinforced Bioplastic Composites. **Journal Of Polymers And The Environment**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 363-381, 22 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10924-020-01888-4>.

CIOLACU, Diana Elena. Structure-Property Relationships in Cellulose-Based Hydrogels. **Polymers And Polymeric Composites: A Reference Series**, [S.L.], p. 1-32, 2018. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-76573-0_6-1.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Cana-de-acucar: acompanhamento da safra brasileira, safra 2020/2021, quarto levantamento, maio 2021. **Observatório Agrícola**. v.7, n. 4, p. 1-57, 2021.

EHMAN, Nanci Vanesa; ITA-NAGY, Diana; FELISSIA, Fernando Esteban; VALLEJOS, María Evangelina; QUISPE, Isabel; AREA, María Cristina; CHINGA-CARRASCO, Gary. Biocomposites of Bio-Polyethylene Reinforced with a Hydrothermal-Alkaline Sugarcane Bagasse Pulp and Coupled with a Bio-Based Compatibilizer. **Molecules**, [S.L.], v. 25, n. 9, p. 2158, 5 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules25092158>.

EL-BAKY, Marwa A. Abd; MEGAHED, Mona; EL-SAQQA, Hend H.; ALSHORBAGY, Amal E.. Mechanical Properties Evaluation of Sugarcane Bagasse-Glass/ Polyester Composites. **Journal Of Natural Fibers**, [S.L.], v. 18, n. 8, p. 1163-1180, 18 nov. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15440478.2019.1687069>.

ELHASSANI, Chirâa Elidrissi; ESSAMLALI, Younes; AQLIL, Meryem; NZENGUET, Annie Moussemba; GANETRI, Ikram; ZAHOUILY, Mohamed. Urea-impregnated HAP encapsulated by lignocellulosic biomass-extruded composites: a novel slow-release fertilizer. **Environmental Technology & Innovation**, [S.L.], v. 15, p. 100403, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eti.2019.100403>.

FERREIRA, F.V.; TRINDADE, G.N.; LONA, L.M.F.; BERNARDES, J.s.; GOUVEIA, R.F.. LDPE-based composites reinforced with surface modified cellulose fibres: 3d morphological and morphometrical analyses to understand the improved mechanical performance. **European Polymer Journal**, [S.L.], v. 117, p. 105-113, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.05.005>.

FOCKINK, Douglas H.; URIO, Mateus B.; SÁNCHEZ, Jorge H.; RAMOS, Luiz P.. Enzymatic Hydrolysis of Steam-Treated Sugarcane Bagasse: effect of enzyme loading and substrate total solids on its fractal kinetic modeling and rheological properties. **Energy & Fuels**, [S.L.], v. 31, n. 6, p. 6211-6220, 26 maio 2017. American Chemical Society (ACS).
<http://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b00818>.

GALLOS, Antoine; PAËS, Gabriel; ALLAIS, Florent; BEAUGRAND, Johnny. Lignocellulosic fibers: a critical review of the extrusion process for enhancement of the properties of natural fiber composites. **Rsc Advances**, [S.L.], v. 7, n. 55, p. 34638-34654, 2017. Royal Society of Chemistry (RSC).
<http://dx.doi.org/10.1039/c7ra05240e>.

GAN, Ivy; CHOW, Wen Shyang. Synthesis of phosphoric acid-treated sugarcane bagasse cellulose nanocrystal and its thermal properties enhancement for poly(lactic acid) nanocomposites. **Journal Of Thermoplastic Composite Materials**, [S.L.], v. 32, n. 5, p. 619-634, 1 maio 2018. SAGE Publications.
<http://dx.doi.org/10.1177/0892705718772866>.

GANDARA, Meriane; MULINARI, D. R.; MONTICELI, Francisco Maciel; CAPRI, M. R.. Sugarcane Bagasse Fibers Reinforced in Polyurethane for Sorption of Vegetal Oil. **Journal Of Natural Fibers**, [S.L.], p. 1-12, 10 jan. 2020. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.1080/15440478.2019.1710653>.

GOKUL, K.; PRABHU, T. Ram; RAJASEKARAN, T.. Processing and Evaluation of Mechanical Properties of Sugarcane Fiber Reinforced Natural Composites. **Transactions Of The Indian Institute Of Metals**, [S.L.], v. 70, n. 10, p. 2537-2546, 9 abr. 2017. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s12666-017-1116-8>.

GOMES, Michelle Garcia; GURGEL, Leandro Vinícius Alves; BAFFI, Milla Alves; PASQUINI, Daniel. Pretreatment of sugarcane bagasse using citric acid and its use in enzymatic hydrolysis. **Renewable Energy**, [S.L.], v. 157, p. 332-341, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.002>.

GUO, Gaiping; XIANG, Aimin; TIAN, Huafeng. Thermal and Mechanical Properties of Eco-friendly Poly(Vinyl Alcohol) Films with Surface Treated Bagasse Fibers. **Journal Of Polymers And The Environment**, [S.L.], v. 26, n. 9, p. 3949-3956, 4 jul. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10924-018-1270-z>.

HARCHEGANI, Maryam Beygy; NASIRPOUR, Ali; AHMADZADEH, Safoura; KERAMAT, Javad; HAMDAMI, Nasser. APPLICATION POSSIBILITY OF ELECTROHYDRODYNAMIC TECHNIQUE FOR CELLULOSE EXTRACTION FROM BAGASSE: optimization using response surface methodology. **Cellulose Chemistry And Technology**, [S.L.], v. 53, n. 3-4, p. 251-262, 26 abr. 2019. Institutul de Chimie Macromoleculara Petru Poni.
<http://dx.doi.org/10.35812/cellulosechemtechnol.2019.53.25>.

HOFSETZ, Kelly; SILVA, Maria Aparecida. Brazilian sugarcane bagasse: energy and non-energy consumption. **Biomass And Bioenergy**, [S.L.], v. 46, p. 564-573, nov. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.06.038>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A geografia da cana-de-açúcar. Rio de Janeiro. **IBGE**, 2017

ILANGOVAN, Manikandan; GUNA, Vijaykumar; KESHAVANARAYANA, Gopalakrishna; REDDY, Narendra. Tensile and Flexural Properties of Polypropylene Composites Reinforced with Raw Bagasse. **Sugar Tech**, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 454-463, 24 out. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12355-017-0560-4>.

ISAAC, Augusta; PAULA, Jéssica de; VIANA, Carlos Martins; HENRIQUES, Andréia Bicalho; MALACHIAS, Angelo; MONTORO, Luciano A.. From nano- to micrometer scale: the role of microwave-assisted acid and alkali pretreatments in the sugarcane biomass structure. **Biotechnology For Biofuels**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 11-73, 22 mar. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13068-018-1071-6>.

ITA-NAGY, Diana; VÁZQUEZ-ROWE, Ian; KAHHAT, Ramzy; QUISPE, Isabel; CHINGA-CARRASCO, Gary; CLAUSER, Nicolás M.; AREA, María Cristina. Life cycle assessment of bagasse fiber reinforced biocomposites. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 720, p. 137586, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137586>.

JAMSHAD, Hafsa; MISHRA, Rajesh; BASRA, Sikandar; RAJPUT, Abdul Waqar; HASSAN, Tufail; PETRU, Michal; CHOTEBORSKY, Rostislav; MULLER, Miroslav. Lignocellulosic Natural Fiber Reinforced Bisphenol F Epoxy Based Bio-composites: characterization of mechanical electrical performance. **Journal Of Natural Fibers**, [S.L.], p. 1-16, 15 nov. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15440478.2020.1843586>.

JAWAID, M.; KHALIL, H.P.s. Abdul. Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: a review. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 86, n. 1, p. 1-18, ago. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.04.043>.

JAYAMANI, Elammaran; RAHMAN, Md. Rezaur; BENHUR, D. Anselam; BAKRI, M. K. Bin; KAKAR, Akshay; KHAN, Afrasyab. Comparative Study of Fly Ash/Sugarcane Fiber Reinforced Polymer Composites Properties. **Bio Resources**. v. 15, p. 5514-5531, 2020.

JIMAT, Dzun Noraini; PUTRA, Sharifah Shahira Syed; JAMAL, Parveen; JAMI, Wan Mohd Fazli Wan Nawawiand Mohammed Saedi. Effect of Y-Methacryloxypropyltrimethoxysilane (MPS) and Tetraethoxysilane (TEOS) Towards Preparation of Oil Absorbent Foams from Polyvinyl Alcohol (PVA) Reinforced with Microfibrillated Cellulose (MFC). **Journal Of Renewable Materials**, [S.L.], v. 8, n. 7, p. 739-757, 2020. Computers, Materials and Continua (Tech Science Press). <http://dx.doi.org/10.32604/jrm.2020.010357>.

JIMÉNEZ, Ana M.; AGUILAR, Marc Delgado; TARRES, Quim; QUINTANA, Germán; PALMER, P. Fullana; MUTJÉ, Pere; ESPINACH, Francesc X. Sugarcane Bagasse Reinforced Composites: Studies on the Young's Modulus and Macro and Micro-Mechanics. **BioResources**. v, 12, p. 3618-3629, 2017.

KABIR, M.M.; WANG, H.; LAU, K.T.; CARDONA, F.. Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: an overview. **Composites Part B: Engineering**, [S.L.], v. 43, n. 7, p. 2883-2892, out. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.04.053>.

KHALAF, Eyad Sayed Abdallah; FARAG, H.; ABDEL-BARY, E. M.. Mechanical and physical characterizations of styrene butadiene rubber: bagasse composites. **Journal Of Rubber Research**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 23-31, 5 dez. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s42464-019-00032-9>.

KHOO, Rz; CHOW, Ws. Mechanical and thermal properties of poly(lactic acid)/sugarcane bagasse fiber green composites. **Journal Of Thermoplastic Composite Materials**, [S.L.], v. 30, n. 8, p. 1091-1102, 22 nov. 2015. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0892705715616857>.

KUMAR, S. Sathees; RAJA, V. Mugesh; CHAKRAVARTHY, Ch. Nithin; MUTHALAGU, R.. Determination of Mechanical Properties and Characterization of Alkali Treated Sugarcane Bagasse, Pine Apple Leaf and Sisal Fibers Reinforced Hybrid Polyester Composites for Various Applications. **Fibers And Polymers**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 1675-1683, 27 mar. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12221-021-0910-4>.

LEMOS, A. Luiza; MAUSS, C. Jaqueline; SANTANA, R. M. Campomanes. Characterization of natural fibers: wood, sugarcane and babassu for use in biocomposites. **Cellulose Chemistry and Technology**. v, 51, p. 711-718, 2017.

LI, Xin; DENG, Ligao; LI, Yi; LI, Kai. Preparation of Microcrystalline Cellulose from Bagasse Bleached Pulp Reinforced Polylactic Acid Composite Films. **Sugar Tech**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 1138-1147, 24 jul. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12355-020-00827-w>.

LIU, Kuan-Liang; LAI, Sun-Mou; HAN, Jin-Lin; HSIEH, Kuo-Huang. Properties of sugarcane fiber/polyurethane-crosslinked epoxy composites under different interfacial treatments. **Polymer Composites**, [S.L.], v. 41, n. 10, p. 4277-4287, 6 ago. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pc.25710>.

LOH, Y.R.; SUJAN, D.; RAHMAN, M.e.; DAS, C.A.. Sugarcane bagasse—The future composite material: a literature review. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 75, p. 14-22, jun. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.03.002>.

LUZ, Fernanda Santos da; CANDIDO, Verônica Scarpini; SILVA, Alisson Clay Rios da; MONTEIRO, Sergio Neves. Thermal Behavior of Polyester Composites Reinforced with Green Sugarcane Bagasse Fiber. **Jom**, [S.L.], v. 70, n. 10, p. 1965-

1971, 15 ago. 2018. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11837-018-3086-7>.

MAKHETHA, Ta; MPITSO, K; LUYT, As. Preparation and characterization of EVA/PLA/sugarcane bagasse composites for water purification. **Journal Of Composite Materials**, [S.L.], v. 51, n. 9, p. 1169-1186, 18 out. 2016. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0021998316675399>.

MAMAYE, Medhanit; KIFLIE, Zebene; FELEKE, Sisay; YIMAM, Abubeker. Evaluation of Soda Delignification and Single-Stage Hydrogen Peroxide Bleaching for the Ethiopian Sugarcane Bagasse for Paper Production. **Sugar Tech**, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 706-717, 13 jan. 2020. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s12355-019-00793-y>.

MARICHELVAM, M. K.; MANIMARAN, P; VERMA, Akarsh; SANJAY, M. R.; SIENGCHIN, Suchart; KANDAKODEESWARAN, K; GEETHA, M.. A novel palm sheath and sugarcane bagasse fiber based hybrid composites for automotive applications: an experimental approach. **Polymer Composites**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 512-521, 15 out. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pc.25843>.

MEENAKSHISUNDARAM, S.; FAYEULLE, A.; LEONARD, E.; CEBALLOS, C.; PAUSS, A.. Fiber degradation and carbohydrate production by combined biological and chemical/physicochemical pretreatment methods of lignocellulosic biomass – A review. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 331, p. 125053, jul. 2021. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125053>.

MESA, Leyanis; VALERIO, Victor Soares; FORTE, Marcus B. Soares; SANTOS, Júlio C.; GONZÁLEZ, Erenio; SILVA, Silvio S. da. Optimization of BmimCl pretreatment of sugarcane bagasse through combining multiple responses to increase sugar production. An approach of the kinetic model. **Biomass Conversion And Biorefinery**, [S.L.], p. 1-17, 3 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13399-020-00792-0>.

MESQUITA, Ricardo Gabriel de Almeida; CÉSAR, Antônia Amanda da Silva; MENDES, Rafael Farinassi; MENDES, Lourival Marin; MARCONCINI, José Manoel; GLENN, Greg; TONOLI, Gustavo Henrique Denzin. Polyester Composites Reinforced with Corona-Treated Fibers from Pine, Eucalyptus and Sugarcane Bagasse. **Journal Of Polymers And The Environment**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 800-811, 14 out. 2016. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10924-016-0864-6>.

MISHRA, G. R.; NATH, G.; PAIKARAY, R.. Synthesis and characterization of microwave absorbing material. **Indian Journal Of Physics**, [S.L.], v. 94, n. 11, p. 1749-1757, 27 nov. 2019. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s12648-019-01633-1>.

MOHIT, H.; SELVAN, V. Arul Mozhi. Effect of a Novel Chemical Treatment on Nanocellulose Fibers for Enhancement of Mechanical, Electrochemical and Tribological Characteristics of Epoxy Bio-nanocomposites. **Fibers And Polymers**,

[S.L.], v. 20, n. 9, p. 1918-1944, set. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12221-019-1224-7>.

MONTEIRO, Sergio Neves; LOPES, Felipe Perissé Duarte; BARBOSA, Anderson Paula; BEVITORI, Alice Barreto; SILVA, Isabela Leão Amaral da; COSTA, Lucas Lopes da. Natural Lignocellulosic Fibers as Engineering Materials—An Overview. **Metallurgical And Materials Transactions A**, [S.L.], v. 42, n. 10, p. 2963-2974, 15 jul. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11661-011-0789-6>.

MOREIRA, Amanda Aleixo; MALI, Suzana; YAMASHITA, Fabio; BILCK, Ana Paula; PAULA, Maria Tereza de; MERCI, Aline; OLIVEIRA, André Luiz Martinez de. Biodegradable plastic designed to improve the soil quality and microbiological activity. **Polymer Degradation And Stability**, [S.L.], v. 158, p. 52-63, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.10.023>.

MOTA, Thatiane R.; OLIVEIRA, Dyonis M.; SIMISTER, Rachael; WHITEHEAD, Caragh; LANOT, Alexandra; SANTOS, Wanderley D. dos; REZENDE, Camila A.; MCQUEEN-MASON, Simon J.; GOMEZ, Leonardo D.. Design of experiments driven optimization of alkaline pretreatment and saccharification for sugarcane bagasse. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 321, p. 124499, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124499>.

MULINARI, Daniella R.; CIPRIANO, Joyce de Paula; CAPRI, Maria Rosa; BRANDÃO, Amanda Torres. Influence of Sugarcane Bagasse Fibers with Modified Surface on Polypropylene Composites. **Journal Of Natural Fibers**, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 174-182, 11 dez. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15440478.2016.1266294>.

MUSSATTO, S.I.; DRAGONE, G.M.. Biomass Pretreatment, Biorefineries, and Potential Products for a Bioeconomy Development. **Biomass Fractionation Technologies For A Lignocellulosic Feedstock Based Biorefinery**, [S.L.], p.

MZIMELA, Zimele Nkosivele Treasure; LINGANISO, Linda Zikhona; REVAPRASADU, Neerish; MOTAUNG, Tshwafo Elias. Comparison of Cellulose Extraction from Sugarcane Bagasse Through Alkali. **Materials Research**, [S.L.], v. 21, n. 6, p. 1-7, 29 out. 2018. **FapUNIFESP (SciELO)**. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2017-0750>.

NOREEN, Saima; BHATTI, Haq Nawaz; IQBAL, Munawar; HUSSAIN, Fida; SARIM, Fazli Malik. Chitosan, starch, polyaniline and polypyrrole biocomposite with sugarcane bagasse for the efficient removal of Acid Black dye. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 147, p. 439-452, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.257>.

OBERLINTNER, Ana; LIKOZAR, Blaž; NOVAK, Uroš. Hydrophobic functionalization reactions of structured cellulose nanomaterials: mechanisms, kinetics and in silico multi-scale models. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 259, p. 117742, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117742>.

OLIVEIRA, Pablo Resende; RIBEIRO FILHO, Sergio Luiz Moni; PANZERA, Tulio Hallak; CHRISTOFORO, André Luis; DURÃO, Luís Miguel Pereira; SCARPA, Fabrizio. Hybrid polymer composites made of sugarcane bagasse fibres and disposed rubber particles. **Polymers And Polymer Composites**, [S.L.], p. 096739112094345, 10 ago. 2020. SAGE Publications.

<http://dx.doi.org/10.1177/0967391120943459>.

OTTO, Guilherme Piovezan; MOISÉS, Murilo Pereira; CARVALHO, Gizilene; RINALDI, Andrelson Wellington; GARCIA, Juliana Carla; RADOVANOVIC, Eduardo; FÁVARO, Silvia Luciana. Mechanical properties of a polyurethane hybrid composite with natural lignocellulosic fibers. **Composites Part B: Engineering**, [S.L.], v. 110, p. 459-465, fev. 2017. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.035>.

OUSHABI, Abdessamad. The pull-out behavior of chemically treated lignocellulosic fibers/polymeric matrix interface (LF/PM): a review. **Composites Part B: Engineering**, [S.L.], v. 174, p. 107059, out. 2019. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107059>.

PANICKER, Arun M; MARIA, Rose; RAJESH, Ka; VARGHESE, To. Bit coir fiber and sugarcane bagasse fiber reinforced eco-friendly polypropylene composites: development and property evaluation thereof. **Journal Of Thermoplastic Composite Materials**, [S.L.], v. 33, n. 9, p. 1175-1195, 10 jan. 2019. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0892705718820403>.

PASCAL, Kaneza; REN, Hongyan; SUN, Fubao Fuelbiol; GUO, Shuxian; HU, Jinguang; HE, Jing. Mild Acid-Catalyzed Atmospheric Glycerol Organosolv Pretreatment Effectively Improves Enzymatic Hydrolyzability of Lignocellulosic Biomass. **Acs Omega**, [S.L.], v. 4, n. 22, p. 20015-20023, 12 nov. 2019. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acsomega.9b02993>.

PEREIRA, Patricia Soares da Costa; LÍBANO, Elaine Vidal Dias Gomes; BASTOS, Daniele Cruz; COELHO, Karolina Vieira de Souza; SANTANA, Jackson Cesar Lopes de. COMPÓSITOS PEAD/BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR: influência do processamento e fonte de pead. **Revista Univap**, [S.L.], v. 26, n. 51, p. 130, 27 ago. 2020. UNIVAP Universidade de Vale do Paraiba.

<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v26i51.2425>.

PINHEIRO, Francisca Gleyciara Cavalcante; SOARES, Amanda Kelly Lima; SANTAELLA, Sandra Tédde; SILVA, Lorena Mara Alexandre e; CANUTO, Kirley Marques; CÁCERES, Carlos Alberto; ROSA, Morsyleide de Freitas; FEITOSA, Judith Pessoa de Andrade; LEITÃO, Renato Carrhá. Optimization of the acetosolv extraction of lignin from sugarcane bagasse for phenolic resin production. **Industrial Crops And Products**, [S.L.], v. 96, p. 80-90, fev. 2017. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.029>.

PRADO, Karen S.; JACINTO, Asaph A.; SPINACÉ, Márcia A. S.. Cellulose Nanostructures Extracted from Pineapple Fibres. **Pineapple Leaf Fibers**, [S.L.], p. 185-234, 2020. Springer Singapore. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-1416-6_10.

PRASAD, Lalta; KUMAR, Shiv; PATEL, Raj Vardhan; YADAV, Anshul; KUMAR, Virendra; WINCZEK, Jerzy. Physical and Mechanical Behaviour of Sugarcane Bagasse Fibre-Reinforced Epoxy Bio-Composites. **Materials**, [S.L.], v. 13, n. 23, p. 5387, 27 nov. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma13235387>.

QASIM, Umair; ALI, Muzaffar; ALI, Touqeer; IQBAL, Rameez; JAMIL, Farrukh. Biomass derived Fibers as a Substitute to Synthetic Fibers in Polymer Composites. **Chembioeng Reviews**, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 193-215, 24 nov. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/cben.202000002>.

RAGUNATHAN, Santiagoo; MUSTAFFA, Zainal; KAMARUDIN, Hussin; SAM, Sung Ting; ISMAIL, Hanafi. The effect of polypropylene maleic anhydride on polypropylene/(recycled acrylonitrile butadiene rubber)/(sugarcane bagasse) composite. **Journal Of Vinyl And Additive Technology**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 228-233, 7 jul. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/vnl.21493>.

RAJAK, Dipen; PAGAR, Durgesh; MENEZES, Pradeep; LINUL, Emanoil. Fiber-Reinforced Polymer Composites: manufacturing, properties, and applications. **Polymers**, [S.L.], v. 11, n. 10, p. 1667, 12 out. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym11101667>.

RAMÍREZ, German; MARADEI, Fernanda; VARGAS-LINARES, German. Bagasse sugarcane fibers as reinforcement agents for natural composites: description and polymer composite applications. **Revista Uis Ingenierías**, [S.L.], v. 18, n. 4, p. 117-130, 16 jul. 2019. Universidad Industrial de Santander. <http://dx.doi.org/10.18273/revuin.v18n4-2019011>.

RANI, Anuradha; MONGA, Sheetal; BANSAL, Monica; SHARMA, Anupama. Bionanocomposites Reinforced With Cellulose Nanofibers Derived From Sugarcane Bagasse. **Polymer Composites**. v, 39, p. E55-E64. 2018. <https://doi.org/10.1002/pc.24112>

RENCORET, Jorge; GUTIÉRREZ, Ana; NIETO, Lidia; JIMÉNEZ-BARBERO, J.; FAULDS, Craig B.; KIM, Hoon; RALPH, John; MARTÍNEZ, Ángel T.; RÍO, José C. del. Lignin Composition and Structure in Young versus Adult Eucalyptus globulus Plants. **Plant Physiology**, [S.L.], v. 155, n. 2, p. 667-682, 23 nov. 2010. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1104/pp.110.167254>.

RIBEIRO, Bruno; YAMAMOTO, Takashi; YAMASHIKI, Yosuke. A Study on the Reduction in Hydration Heat and Thermal Strain of Concrete with Addition of Sugarcane Bagasse Fiber. **Materials**, [S.L.], v. 13, n. 13, p. 3005, 6 jul. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma13133005>.

ROCHA, Daniel Belchior; SOUZA, Alana Gabrieli; SZOSTAK, Marek; ROSA, Derval dos Santos. Polylactic acid/Lignocellulosic residue composites compatibilized through a starch coating. **Polymer Composites**, [S.L.], v. 41, n. 8, p. 3250-3259, 8 maio 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pc.25616>.

RODIER, L.; BILBA, K.; ONÉSIPPE, C.; ARSÈNE, M.-A.. Utilization of bio-chars from sugarcane bagasse pyrolysis in cement-based composites. **Industrial Crops And**

Products, [S.L.], v. 141, p. 111731, dez. 2019. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111731>.

SAHA, Koel; DASGUPTA, Jhilly; CHAKRABORTY, Sudip; ANTUNES, Felipe Antonio Fernandes; SIKDER, Jaya; CURCIO, Stefano; SANTOS, Julio Cesar dos; ARAFAT, Hassan A.; SILVA, Silvio Silvério da. Optimization of lignin recovery from sugarcane bagasse using ionic liquid aided pretreatment. **Cellulose**, [S.L.], v. 24, n. 8, p. 3191-3207, 15 maio 2017. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10570-017-1330-x>.

SANTOS, B. Henrique. **Caracterização de compósitos de amido termoplástico com fibras de bagaço de cana-de-açúcar**. Tese (Mestrado em Nanociência e Materiais Avançados) – Universidade Federal do ABC. São Paulo, p. 116. 2020.

SANTOS, Bruno Henrique dos; PRADO, Karen de Souza do; JACINTO, Asaph Armando; SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva. Influence of Sugarcane Bagasse Fiber Size on Biodegradable Composites of Thermoplastic Starch. **Journal Of Renewable Materials**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 176-182, 1 mar. 2018. Computers, Materials and Continua (Tech Science Press).
<http://dx.doi.org/10.7569/jrm.2018.634101>.

SANTOS, I.; RODRIGUES, J.P.L.; RAMOS, C.G.; MARTUSCELLI, C.C.; CANTAÑÓN, U.G.; ALVES, V.C.C.; ABREU, G.M. Effect of the chemical attack on the properties of cimentitious composites with partial substitution of ash from sugar cane bagasse in natura. **REVISTA MATERIA**. v, 22, n. 2, 2017.
<https://doi.org/10.1590/S1517-707620170002.0169>

SATYANARAYANA, K.G.; GUIMARÃES, J.L.; WYPYCH, F.. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: source, production, morphology, properties and applications. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, [S.L.], v. 38, n. 7, p. 1694-1709, jul. 2007. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2007.02.006>.

SEFAT, Khan Md; SHIBATA, S. Effect of Removing Sucrose and Moisture in Bagasse Fibers on Improvement of Limit of Processing Temperature in Bagasse-Polypropylene Composites. **Bio Resources**. V, 15, p. 5481-5488, 2020.

SHARMA, Maya; BAJPAI, Anjali. Superabsorbent nanocomposite from sugarcane bagasse, chitin and clay: synthesis, characterization and swelling behaviour. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 193, p. 281-288, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.006>.

SIBIYA, N. N. ; MOCHANE, M. J. ; MOTAUNG, T. E. ; LINGANISO, L. Z. ; HLANGOTHI, S. P. Morphology and properties of sugarcane bagasse cellulose-natural rubber composites. **Wood Research**. v, 63, n. 5, p. 821-832, 2018.

SILVA, Cristina G. da; OLIVEIRA, Fernando de; FROLLINI, Elisabete. Sugarcane Bagasse Fibers Treated and Untreated: performance as reinforcement in phenolic-type matrices based on lignosulfonates. **Waste And Biomass Valorization**, [S.L.], v. 10, n. 11, p. 3515-3524, 12 jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s12649-018-0365-z>.

SINGH, Tej; TEJYAN, Sachin; PATNAIK, Amar; SINGH, Vedant; ZSOLDOS, Ibolya; FEKETE, Gusztáv. Fabrication of waste bagasse fiber-reinforced epoxy composites: study of physical, mechanical, and erosion properties. **Polymer Composites**, [S.L.], v. 40, n. 9, p. 3777-3786, 22 fev. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pc.25239>.

SINGH, V.K; MUKHOPADHYAY, S; DAS, D. Recipe optimisation for sugarcane bagasse fibre reinforced soy protein biocomposite. **Indian Journal of Fibre and Textile Research**. v, 42, p. 132-137. 2017.

SOARES, Ana Paula S.; FREITAS, Jaqueline S. de; MOTHÉ, Michelle G.; MOTHÉ, Cheila G.. Thermal evaluation of composites from coffee capsules residue with sugarcane bagasse by TG/DTA and DMA. **Journal Of Thermal Analysis And Calorimetry**, [S.L.], v. 142, n. 2, p. 651-660, 13 jul. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10973-020-10012-6>.

SOFLA, M. Rahimi Kord; BATCHELOR, W.; KOSINKOVA, J.; PEPPER, R.; BROWN, R.; RAINEY, T.. Cellulose nanofibres from bagasse using a high speed blender and acetylation as a pretreatment. **Cellulose**, [S.L.], v. 26, n. 8, p. 4799-4814, 22 abr. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10570-019-02441-w>.

SRIRACHYA, Nuttida; BOONKERD, Kanoktip; NAKAJIMA, Lisa; KOBAYASHI, Takaomi. Bio-composite hydrogels of cellulose and vulcanized natural rubber with nanointerconnected layers for reinforced water-retaining materials. **Polymer Bulletin**, [S.L.], v. 75, n. 12, p. 5493-5512, 24 abr. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00289-018-2341-y>.

SUCHARITPONG, Thamonwan; LAM, Nga Tien; SUKYAI, Prakit. Production of Nylon-6/Cellulose Nanocrystal Composite Films Using Solvent Dissolution. **Sugar Tech**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 328-339, 21 out. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12355-019-00775-0>.

SYROVÝ, Tomáš; MARONOVÁ, Stanislava; KUBERSKÝ, Petr; EHMAN, Nanci V.; VALLEJOS, María E.; PRETL, Silvan; FELISSIA, Fernando E.; AREA, María C.; CHINGA-CARRASCO, Gary. Wide range humidity sensors printed on biocomposite films of cellulose nanofibril and poly(ethylene glycol). **Journal Of Applied Polymer Science**, [S.L.], v. 136, n. 36, p. 47920, 7 maio 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/app.47920>.

TEIXEIRA, Silvio Rainho; ARENALES, Amanda; SOUZA, Agda Eunice de; MAGALHÃES, Renata da Silva; PEÑA, Angel Fidel Vilche; AQUINO, Davi; FREIRE, Rosane. Sugarcane Bagasse: applications for energy production and ceramic materials. **The Journal Of Solid Waste Technology And Management**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 229-238, 1 ago. 2015. Journal of Solid Waste Technology and Management. <http://dx.doi.org/10.5276/jswtm.2015.229>.

THIANGTHAM, Satita; RUNT, James; SAITO, Nagahiro; MANUSPIYA, Hathaikarn. Fabrication of biocomposite membrane with microcrystalline cellulose (MCC) extracted from sugarcane bagasse by phase inversion method. **Cellulose**, [S.L.], v.

27, n. 3, p. 1367-1384, 23 nov. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10570-019-02866-3>.

TITA, Sps; MEDEIROS, R; TARPANI, Jr; FROLLINI, E; TITA, V. Chemical modification of sugarcane bagasse and sisal fibers using hydroxymethylated lignin: influence on impact strength and water absorption of phenolic composites. **Journal Of Composite Materials**, [S.L.], v. 52, n. 20, p. 2743-2753, 25 jan. 2018. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0021998317753886>.

URIBE, B. E. B.; CHIROMITO, E. M. S.; CARVALHO, A. J. F.; TARPANI, J. R.. Low-cost, environmentally friendly route for producing CFRP laminates with microfibrillated cellulose interphase. **Express Polymer Letters**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 47-59, 2017. Department of Polymer Engineering, Scientific Society of Mechanical Engineering. <http://dx.doi.org/10.3144/expresspolymlett.2017.6>.

WANG, Bin; WANG, Yunhui; PENG, Yueying; WANG, Xin; WANG, Jing; ZHAO, Jinbao. 3-dimensional interconnected framework of N-doped porous carbon based on sugarcane bagasse for application in supercapacitors and lithium ion batteries. **Journal Of Power Sources**, [S.L.], v. 390, p. 186-196, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.04.056>.

WANG, Huihui; CHEN, Wei; ZHANG, Xueqin; WEI, Yi; ZHANG, Aiping; LIU, Shijie; WANG, Xiaoying; LIU, Chuanfu. Structural Changes of Bagasse during the Homogeneous Esterification with Maleic Anhydride in Ionic Liquid 1-Allyl-3-methylimidazolium Chloride. **Polymers**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 433, 13 abr. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym10040433>.

XIONG, Shanxin; ZHANG, Xiangkai; CHU, Jia; WANG, Xiaoqin; ZHANG, Runlan; GONG, Ming; WU, Bohua. Hydrothermal Synthesis of Porous Sugarcane Bagasse Carbon/MnO₂ Nanocomposite for Supercapacitor Application. **Journal Of Electronic Materials**, [S.L.], v. 47, n. 11, p. 6575-6582, 10 ago. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11664-018-6569-y>.

XU, Qing; JI, Tao; GAO, San-Ji; YANG, Zhengxian; WU, Nengsen. Characteristics and Applications of Sugar Cane Bagasse Ash Waste in Cementitious Materials. **Materials**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 39, 22 dez. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma12010039>.

YADAV, Shiv Kumar Ji; VEDRTNAM, Ajitanshu; GUNWANT, Dheeraj. Experimental and numerical study on mechanical behavior and resistance to natural weathering of sugarcane leave reinforced polymer composite. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 262, p. 120785, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120785>.

YANG, Jianlei; CHING, Yern; CHUAH, Cheng. Applications of Lignocellulosic Fibers and Lignin in Bioplastics: a review. **Polymers**, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 751, 28 abr. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym11050751>.

YU, Zengcheng; XIAO, Yuqin; TIAN, Huafeng; LIU, Shilin; ZENG, Jian; LUO, Xiaogang. Bagasse as functional fillers to improve and control biodegradability of soy

oil-based rigid polyurethane foams. **Korean Journal Of Chemical Engineering**, [S.L.], v. 36, n. 10, p. 1740-1745, out. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11814-019-0349-0>.

ZAINAL, Mustaffa; SANTIAGOO, Ragunathan; AYOB, Afizah; GHANI, Azlinda Abdul; MUSTAFA, Wan Azani; OTHMAN, Nurul Syazwani. Thermal and mechanical properties of chemical modification on sugarcane bagasse mixed with polypropylene and recycle acrylonitrile butadiene rubber composite. **Journal Of Thermoplastic Composite Materials**, [S.L.], v. 33, n. 11, p. 1533-1554, 8 abr. 2019. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0892705719832072>.