

PROPOSTAS DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS COM BASE NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DAS MESORREGIÕES DO ESTADO DO PARANÁ

Waste destination proposal based on agricultural production in the mesoregions of the state of Paraná

Jean Victor Nery da Silva

Mestrando em Sustentabilidade – UEM, Brasil

pg402761@uem.br

Bruna Stefany dos Santos Espadrizano

Graduanda em Eng. Civil – UEM, Brasil

brunaespadrizano@yahoo.com

Carlos Eduardo Porto

Graduando em Eng. Civil – UEM, Brasil

kadu.e.porto@gmail.com

Otávio Akira Sakai

Doutor em Física – IFPR, Brasil

otavio.sakai@ifpr.edu.br

Vagner Roberta Batistela

Doutor em Química – UEM, Brasil

vrbatistela@uem.br

Recebido: 01.10.2021

Aceito: 08.02.2022

Resumo

O estado do Paraná situa-se como um importante polo do agronegócio e do setor agroindustrial nacional, com produção tanto no eixo alimentar quanto não alimentar. No presente estudo, realizou-se uma análise da produção agrícola do Estado do Paraná com base nos dados consolidados do ano de 2018, investigando-se a contribuição de cada mesorregião do estado e realizando-se uma apresentação das principais possibilidades de valorização de resíduos agrícolas e agroindustriais gerados no Estado. Por meio de dados do IBGE e do IPARDES, as três principais culturas do estado do Paraná foram identificadas como a de cana-de-açúcar, soja e milho, seguindo a mesma tendência nacional, sendo o quinto estado brasileiro com maior produção agrícola entre as culturas temporárias e permanentes. Avaliou-se que as Mesorregiões Noroeste e Norte Pioneiro possuem a maior produção agrícola do estado, e que as mesorregiões seguem o cultivo agrícola de acordo com as condições climáticas, características geomorfológicas e de solo, sendo assim grandes aliados nas produções em larga escala. A compostagem, alimentação animal, biossorventes, compensados, compósitos, biocombustíveis, biotecnologia, construção civil e a nanocelulose foram apontadas como possibilidades de valorização de resíduos agroindustriais, contribuindo para a sustentabilidade das cadeias produtivas. Dessa forma,

espera-se com este trabalho divulgar as potencialidades de destinação de resíduos processados de culturas agrícolas cultivadas no estado do Paraná, contribuindo para completar os ciclos de beneficiamento agrícola.

Palavras-chave: Produção agrícola; Resíduos agrícolas; Paraná; Agronegócio.

Abstract

The state of Paraná is located as an important pole of agribusiness and the national agro-industrial sector, with production both in the food and non-food axis. In the present study, an analysis of agricultural production in the State of Paraná was carried out based on consolidated data for the year 2018, investigating the contribution of each mesoregion of the state and making a presentation of the main possibilities for valorization of agricultural residues and agro-industrial generated in the State. Using data from IBGE and IPARDES, the three main crops in the state of Paraná were identified as sugarcane, soybeans and maize, following the same national trend, being the fifth Brazilian state with the highest agricultural production among the temporary and permanent cultures. It was evaluated that the Northwest and North Pioneer Mesoregions have the highest agricultural production in the state, and that the mesoregions follow agricultural cultivation according to climatic conditions, geomorphological and soil characteristics, thus being great allies in large-scale production. Composting, animal feed, biosorbents, plywood, composites, biofuels, biotechnology, civil construction and nanocellulose were identified as possibilities for valuing agro-industrial waste, contributing to the sustainability of production chains. Thus, it is expected with this work to disclose the potential for disposal of processed waste from agricultural crops grown in the state of Paraná, contributing to complete the cycles of agricultural processing.

Keywords: Agricultural production; Agricultural waste; Paraná; Agribusiness.

1. INTRODUÇÃO

Dadas as diferentes condições climáticas e características de solo, o Brasil apresenta grande diversidade da produção agrícola, tornando o país um dos principais responsáveis pela exportação de alimentos do mundo (ARTUZO et al., 2019). Não sendo diferente, o estado do Paraná possui em cada mesorregião características favoráveis para uma alta produção de algumas culturas, como é o caso da erva-mate, laranja, tangerina, feijão, trigo, soja, mandioca, cevada, milho, cana-de-açúcar e batata-inglesa (PARANÁ, 2018). É indiscutível que a cadeia produtiva do agronegócio tem grande influência econômica e social, contribuindo com a geração de empregos diretos e indiretos, além promover a distribuição de renda (CORDEIRO et al. 2020).

Além disso, o estado do Paraná está em quinto lugar entre os estados com maior número de produção em lavouras temporárias e permanentes do Brasil (BRASIL, 2018), tornando também o estado como um dos principais produtores de resíduos agrícolas. Ao longo do processamento do setor agroindustrial, são gerados resíduos do beneficiamento que, ao serem descartados diretamente no ambiente, podem ocasionar sérios problemas.

A disposição inadequada desses resíduos ocasiona a proliferação de insetos, poluição do ar, problemas estéticos e de odor, e contaminação de corpos d'água por meio da liberação de matéria orgânica e nutrientes como fósforo e nitrogênio, os quais estão associados à eutrofização de ambientes aquáticos, com consequente redução de oxigênio dissolvido, morte de organismos aeróbios e desequilíbrio do ecossistema local (MARADINI FILHO, 2020).

Por parte do setor governamental e industrial há crescente preocupação com o meio ambiente e mobilização para a criação e aplicação de políticas que diminuam os impactos negativos de resíduos agroindustriais na natureza. Como exemplo, tem-se as normas proporcionadas pela ISO 14000, que estabelece diretrizes sobre a área de gestão ambiental em empresas (KOLLING; LAGO, 2020). Essa normativa está relacionada à preservação do meio ambiente e aos princípios que uma empresa deve ter para operar um Sistema de Gestão Ambiental. Deste conjunto, a ISO 14001 é uma das normas mais utilizadas por possibilitar a certificação ambiental de organizações corporativas para atuação mais sustentável desde a produção até a gestão do negócio.

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi estabelecida pela lei nº 12.305 de 2010, a qual teve como objetivo principal a gestão de resíduos sólidos integrada entre as unidades federativas e municipais (BRASIL, 2011). De forma geral, a PNRS estabelece que prioritariamente a organização deve buscar métodos de não geração de resíduos, meios de minimização de resíduos, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada. A PNRS também incentiva as empresas a valorizarem economicamente os resíduos sólidos, proporcionando destinação rentável e promovendo socialização e cidadania (BRASIL, 2011). Dessa forma, a PNRS proporcionou enfoque na proteção da saúde pública e qualidade ambiental, incluindo o estímulo da implementação de medidas sustentáveis na produção e consumo de bens e serviços.

Além da Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi elaborado o Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2012 que é um importante instrumento de diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no Brasil, a fim de propor cenários e determinar metas a serem cumpridas (BRASIL, 2012). Este plano apresenta dados de diversos setores geradores de resíduos, como resíduos sólidos urbano, resíduos sólidos da construção civil, resíduos sólidos industriais, e setor agrosilvopastoril, que aborda dados dos resíduos agropecuários e agroindustriais, dentre outros. De forma geral, estima-se que a alta quantidade de resíduos em relação à produção industrializada, cerca de 34,4%, indica que grande parte da produção agrícola não é aproveitada no processo de industrialização (BRASIL, 2012).

Dessa forma, este trabalho tem o objetivo de apresentar uma análise sobre quais são os principais cultivos agrícolas em cada mesorregião do estado do Paraná e propor, com base nessas culturas, alternativas tecnológicas para a transformação de resíduos em produtos com maior valor agregado, de forma a valorizá-los dentro da sua cadeia produtiva regional.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse trabalho possui característica exploratória-descritiva, apresentada por Marconi e Lakatos (2012) como uma ação que visa descrever por um todo o fenômeno estudado, utilizando de análises empíricas e teóricas, somando com descrições quantitativas e/ou qualitativas, utilizando métodos específicos para a obtenção de dados para construção das ideias a serem apresentadas no estudo.

2.1. Coleta dos dados de produção agrícola

Inicialmente, as buscas se propuseram a responder quais são as principais produções agrícolas no estado do Paraná por mesorregiões. Para isso, foi realizado um levantamento dos bancos de dados geopolíticos e socioeconômicos do estado por meio de banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, considerado um importante órgão do governo federativo brasileiro que fornece informações do País, como produções e análises de informações estatísticas, produção e análise de informações geográficas, produção de documento e disseminação de informações, dentre outras atividades (IBGE, 2021); e do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES, que tem como função desenvolver estudos da situação econômica e social do estado do Paraná, com o intuito de divulgar dados consolidados para auxiliar na formulação, execução, acompanhamento e avaliação de políticas públicas. Para ser realizada a busca no *site* do IPARDES foi necessário utilizar uma ferramenta denominada base de dados dos estados – BDEweb. Nesse portal, foi possível realizar a busca por filtros como o assunto, período e localidades e exportar os dados para sua melhor utilização. Desse modo, os termos de busca foram filtrados na BDEweb, com o uso da palavra-chave “produções agrícolas”, optando-se pelos resultados expressos por quantidade produzida em toneladas para o ano de 2018 das regiões geográficas (mesorregiões) do estado do Paraná definidas na Lei estadual nº 15.825/08: Noroeste Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Centro Oriental Paranaense, Sudoeste Paranaense, Centro-Sul Paranaense, Sudeste Paranaense, Metropolitana de Curitiba.

Consecutivamente, esses dados foram classificados em ordem decrescente e então selecionadas as cinco culturas de maior produção para cada mesorregião. Elencou-se os resultados das onze principais culturas e uma categoria “Outras culturas”, que agrupa as culturas que não foram listadas entre as mais produzidas. Para compreender qual é a participação do estado do Paraná em relação a produção total brasileira no ano de 2018, foram selecionadas todas as setenta e uma culturas permanentes e temporárias constantes no Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, na aba dos dados referente a produção agrícola municipal, os estados da federação e em seguida foi escolhido o filtro por quantidade produzida. Avaliou-se a contribuição do estado do Paraná em termos percentuais em relação à produção nacional.

2.2. Proposta de destinação

Para a proposição de alternativas para destinação de resíduos agroindustriais foram realizadas pesquisas bibliográficas nas bases de dados Web of Science, Science Direct e Google Acadêmico sobre artigos de revisão contendo pesquisas sobre destinação de resíduos agroindustriais utilizando os termos de busca: “agroindustrial wastes” “sugarcane wastes”, “soy wastes”, “corn wastes” e suas correlações com os termos “treatment”, “destination”, “valorization” e “management”. Nestas pesquisas, o período de publicação foi restringido de 2010 a 2021. Em seguida, os artigos foram agrupados de acordo com similaridade e os artigos de revistas de maior impacto e/ou os mais recentes, foram selecionados para serem abordados neste artigo.

3. ANÁLISE DAS MESORREGIÕES PARANAENSES

A diversa geomorfologia do estado do Paraná que pode ser dividida em unidade morfoescultural, como serra do mar, primeiro planalto paranaense, segundo planalto paranaense, terceiro planalto paranaense e planícies, além da formação dos diferentes tipos de solos e as condições climáticas específicas para as regiões (SANTOS et al. 2006; BHERING, 2007; SMA-ABC, 2021), possibilitam o estado do Paraná produzir grande variedade de culturas de cereais, frutas, leguminosas e oleaginosas em todas as mesorregiões.

Ao analisar a tabela 1, verifica-se de forma qualitativa que as culturas de soja, laranja, milho, mandioca, cana-de-açúcar, trigo, feijão, batata, cevada erva-mate, tangerina e outras culturas são as mais produzidas no estado do Paraná. Dessas, as três culturas mais produzidas são soja, milho e cana-de-açúcar, que tornam o estado do Paraná como o quinto

mais produtivo do Brasil em 2018 nessas culturas, com participação de 7,59 % da produção total nacional; ficando atrás de Mato Grosso com 8,25 % de produção, Minas Gerais com 8,74 %, Goiás com 10,15 % e o estado de São Paulo com 46,26%, que ocupa o primeiro lugar para as três culturas em questão (BRASIL, 2018). Além disso, esse número é resultado históricos da modernização agrícola do estado que, entre as décadas de 60 e 70, foi influenciada pela utilização de fertilizantes e pesticidas sintéticos. Esta situação oportunizou a modernização, mecanização e incentivos financeiros para o aumento da produção agrícola no estado (ROSSONI; MORAES; CATTELAN, 2021). Tanto a fertilidade do solo quanto o clima paranaense contribuem para que ocorra a diversificação da produção agrícola e tornem essas atividades importante fator econômico do Estado.

Tabela 1 - Produção agrícola das mesorregiões paranaense, em toneladas, referente ao ano 2018.

Mesorregião Paranaense	Produto agrícola	Produção (ton)	Participação no estado (%)
Noroeste	Cana-de-açúcar	20.471.735	30%
	Mandioca	2.360.272	
	Milho	605.722	
	Soja	825.834	
	Laranja	548.530	
	Outras culturas	193.182	
Norte Central	Cana-de-açúcar	10.856.639	21%
	Soja	3.071.423	
	Milho	2.327.711	
	Trigo	481.308	
	Laranja	208.518	
(continua)			
Mesorregião Paranaense	Produto agrícola	Produção (ton)	Participação no estado (%)
Norte Central	Outras culturas	449.340	
Norte Pioneiro	Cana-de-açúcar	7.056.970	13%
	Soja	1.712.831	
	Milho	1.260.592	
	Trigo	449.552	
	Laranja	50.873	
	Outras culturas	237.945	
Oeste	Milho	4.097.346	11%
	Soja	3.651.517	
	Trigo	607.594	
	Mandioca	334.295	
	Cana-de-açúcar	160.180	
	Outras culturas	103.484	
Centro-Occidental	Soja	2.310.192	7%
	Cana-de-açúcar	1.517.844	
	Milho	1.442.365	
	Trigo	296.640	

	Mandioca	160.417	
	Outras culturas	69.855	
Sudoeste	Soja	2.162.224	
	Milho	725.547	
	Trigo	385.765	4%
	Feijão	118.821	
	Mandioca	103.775	
	Outras culturas	214.785	
Centro-Oriental	Soja	1.935.218	
	Milho	587.695	
	Trigo	353.940	4%
	Feijão	120.166	
	Batata-inglesa	119.548	
	Outras culturas	219.541	
Centro-Sul	Soja	1.633.826	
	Milho	669.465	
	Batata-inglesa	228.073	4%
	Trigo	204.472	
	Cevada	141.189	
	Outras culturas	173.271	
Sudeste	Soja	1.123.885	
	Milho	564.535	
	Feijão	164.065	3%
	Erva-Mate	143.700	
	Batata-inglesa	147.935	
	Outras culturas	417.950	

(conclusão)

Mesorregião Paranaense	Produto agrícola	Produção (ton)	Participação no estado (%)
Metropolitana de Curitiba	Soja	608.770	
	Milho	479.632	
	Batata-inglesa	234.083	3%
	Mandioca	161.277	
	Tangerina	117.055	
	Outras culturas	531.188	
Total		82.712.102	100%

Fonte: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES.

Na tabela 1 também estão apresentadas as mesorregiões com maior produção no estado, destacando-se as mesorregiões Noroeste e Norte Central com 30 % e 21 % da produção agrícola estadual de culturas permanente e temporárias, respectivamente. Por outro lado, as regiões com menor produção não se tornam menos importantes por conta dessa comparação, pois ainda assim, acabam contribuindo com os cultivos que não possuem em outras regiões, e são polos regionais do abastecimento de alimentar.

Como citado anteriormente, cada mesorregião do estado possui algumas produções específicas, como é o caso da Região Sudeste que possui a maior produção de erva-mate do estado, que ocorrem em dois tipos climáticos, clima temperado e clima subtropical com chuvas regulares (PARANÁ, 2019) que são climas característicos dessa região, sendo uma mesorregião propícia para a produção em larga escala.

Outra cultura identificada que possui grandes produções nas mesorregiões Centro Oriental, Centro-Sul, Sudeste e Metropolitana de Curitiba é batata-inglesa que para sua produção ser em condições ideais é necessário ter um fotoperíodo longo e temperaturas amenas de 15 a 20°C (BRASÍLIA, 2021), sendo assim, essas mesorregiões apresentam condições favoráveis para uma produção de batatas saudáveis.

Já para a produção de trigo, as Mesorregiões Norte Central, Norte Pioneiro, Centro Oriental, Centro Ocidental, Centro-Sul e Oeste, são boas regiões para o cultivo de trigo, onde essa espécie necessita de temperatura amenas entre 15 e 20 °C e um ciclo de chuvas e/ou irrigação que mantenham sempre 60% e 80% de umidade no solo (MANFRON et al. 1993).

A produção de feijão está concentrada na Mesorregião Sudeste, Sudoeste e Central-Ocidental. Essa cultura possui característica sensível a adversidades climáticas extremas, com temperatura média de cultivo que varia de 17,5 a 25°C, e necessidade de no mínimo 100 mm de chuva mensais do início do seu desenvolvimento até a sua colheita (PEREIRA, et al. 2014).

A cevada também tem destaque entre as principais culturas da Mesorregião Centro-Sul, que apresenta fator climático favorável para o cultivo. Não sendo indicado ser cultivada na Mesorregiões Oeste, Sudoeste, Noroeste, Norte Pioneira, Norte Central, Centro-Ocidental, Centro-Oriental e a faixa litorânea da Metropolitana de Curitiba, pois, é necessário um clima mais úmido e baixas temperaturas, sendo assim, a semeadura da cevada realizada entre maio e junho, para que seja aproveitada as condições do inverno paranaense (PASSO FUNDO, 2015).

No caso de espécies cítricas, a laranja possui grande produção nas Mesorregiões Noroeste, Norte Pioneiro e Norte Central. Uma de suas características é a adaptabilidade em temperaturas mais altas na faixa de 23 até 32 °C, sendo necessário de 120 mm e 150 mm de chuvas por mês, durante os períodos de verão e de 60 mm a 90 mm por mês nos períodos de inverno (BRASÍLIA, 2005). Assim como as laranjas, as tangerinas possuem as mesmas necessidades para produzir frutos de qualidade. A principal região produtora é a

Metropolitana de Curitiba, cuja proximidade com a faixa litorânea também proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento de frutas cítricas, (BRASÍLIA, 2005).

As culturas de cana-de-açúcar, soja, milho, podem ser encontradas em praticamente todo o estado. O amplo cultivo está relacionado ao acesso à biotecnologia verde, que envolve processos de melhoramento das variedades de plantas para atender as demandas do agronegócio, como o melhoramento na produtividade, controle biológico de insetos e patógenos, promoção do crescimento de plantas, aumento da resistência e melhoria da absorção de nutrientes (OLIVEIRA; FERREIRA, 2020). Por esse motivo, será abordado os resíduos de culturas de cana-de-açúcar, soja e milho porque representam ser os mais produzidos no estado.

4. PROPOSTAS DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

A seguir estão descritas algumas aplicações tecnológicas possíveis para os resíduos agrícolas, visando estabelecer propostas em potencial para a destinação de tais resíduos que possam ser alternativas em potencial para o estado do Paraná. Serão descritos os processos de compostagem, alimentação animal, biossorventes, compensados, compósitos, produção energética, biotecnologia, construção civil e nanocelulose.

4.1. Compostagem

A compostagem consiste no tratamento microbiano de resíduos orgânicos resultando em húmus, produto resultante da matéria orgânica decomposta a partir de processos biológicos, para uso em adubação do solo (DORES-SILVA; LANDGRAF; REZENDE, 2013). Os resíduos utilizados na compostagem aparecem essencialmente como sobras de colheitas, tais como: caules, palha, folhas, raízes, cascas e resíduos de animais, podendo ser processados e transformados em adubos alternativos chamados de biofertilizantes (ASADU et al., 2019). A compostagem possui grande importância por oportunizar a ciclagem de nutrientes na forma mineral e orgânica ao solo, promovendo benefício químicos, físicos e biológicos (SHARMA; YADAV; KUMAR, 2018).

A compostagem pode ser classificada de duas maneiras: Como compostagem seca e a vermicompostagem (GUTIÉRREZ et al., 2017). Portanto, na compostagem seca os micro-organismos presentes no solo realizam a decomposição, dependendo somente das condições ambientais. Já na vermicompostagem o processo é realizado por meio da ação de minhocas, para auxiliar os micro-organismos já presentes no solo a fazerem a

decomposição da matéria orgânica, o que torna essa prática mais vantajosa por tratar os resíduos mais rápido.

Resíduos de cana-de-açúcar, soja e milho podem ser intercalados juntamente com sobras de alimentos para a formação de uma pilha para compostagem. Assim, é possível utilizar resíduos agrícolas de alta relação carbono/nitrogênio com aqueles de baixa relação, em um mesmo solo. Este material dispõe de macronutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio), que são absorvidos em abundância, e micronutrientes (zinco, cobre e ferro), que são assimilados em menor quantidade (RODRIGUES et al., 2015). Esta mistura proporciona equilíbrio de nutrientes, possibilitando temperatura ideal entre 50 e 70 °C e tempo de 60 a 110 dias na compostagem, associado à relação carbono/nitrogênio de cerca de 20% (RODRIGUES et al., 2015).

Além do mais, Almeida et al (2021) apresentam uma aplicação da compostagem dos resíduos de coco verde e/ou bagaço de cana-de-açúcar, na construção de telhados verdes, onde os resíduos fibrosos foram decompostos por minhocas formando o húmus e aplicados para fertilização do telhado verde, que contribuiu para estabilização do pH da água chuva.

4.2. Alimentação animal

Outra aplicação de resíduos agrícolas bastante comum é a utilização na alimentação de ruminantes. Estes animais conseguem aproveitar fontes ricas em compostos lignocelulósicos pois o rumem (primeiro compartimento do estômago dos ruminantes) tem a capacidade de transformar resíduos vegetais em nutrientes pela sua microbiota. No Brasil, o uso de resíduos na alimentação animal é cultural e a regionalização é um fator muito importante para a escolha quando a intenção for reduzir o custo alimentar (DALPIAN; DE ALBUQUERQUE; RODRIGUES, 2020).

Utiliza-se resíduos de cana-de-açúcar para bovinos de corte, principalmente à animais que estão em confinamento, serve como alimento alternativo, devido a seu baixo custo. Mas estes resíduos apresentam limitações nutricionais, pois possuem parede celular altamente lignificada reduzindo a digestibilidade das fibras, o que causa a repleção animal (tempo que o alimento permanece no rúmen). Isso deve ser corrigido através da adição de outros resíduos agrícolas com melhores valores nutricionais, podendo ser resíduos de soja e milho (SIQUEIRA et al., 2012).

Observou-se que substituição de parte da ração comercial por resíduos de soja e milho para a alimentação de peixes não causou alterações no pH, temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na água de viveiros e proporcionou queda nos custos

da produção para o piscicultor (LIMA et al., 2015). Entretanto, alterações fisiológicas ocorreram nos animais com um aumento no peso médio de 966,40 g para 1124,30 g e comprimento médio de 34,50 cm para 36,00 cm em 120 dias com a nova alimentação.

A casca de amendoim é outro exemplo de resíduo agroindustrial para alimentação animal, pois possui características proteicas e fibrosas. Resíduos da pele do amendoim apresentam teor de proteína bruta (PB) superior a 20% enquanto resíduos da casca apresentam proteínas brutas de 10,47 a 11,61%, sendo um potencial resíduo de qualidade na alimentação bovina (DALPIAN; DE ALBUQUERQUE; RODRIGUES, 2020).

4.3. Biossorventes

O termo biossorvente é utilizado para descrever o material responsável pela remoção de agentes tóxicos por meio de substâncias sólidas oriundas de organismos vivos, tanto vegetais quanto animais, por meio do processo de adsorção (GIESE, 2019). Os resíduos agroindustriais apresentam constituição lignocelulósica que possibilitam a obtenção de biossorventes de baixo custo e impacto ambiental positivo, pois é dada uma funcionalidade aos resíduos agroindustriais descartados (BHATTACHARJEE; DUTTA; SAXENA, 2020).

Os simples resíduos podem ser utilizados tal como obtidos ou sofrerem etapas de pré-tratamento visando aplicações mais específicas. A forma mais simples de pré-tratamento é a lavagem com água em estado líquido ou em vapor que possibilita a remoção dos compostos solúveis (NIJU; SWATHIKA, 2019). Os agentes ácidos mais empregados nos pré-tratamentos são os ácidos sulfúricos (H₂SO₄), ácido clorídrico (HCl) e ácidos acéticos (CH₃COOH). No pré-tratamento alcalino é utilizado hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂), hidróxido de sódio (NaOH), ureia e amônia (NH₃). Este tipo de pré-tratamento (básico) provoca aumento da porosidade da biomassa em decorrência da deslignificação, sendo um meio que apresenta maiores vantagens por ter baixo custo e maior rendimento em biomassa com teor de lignina (ILYAS; SAPUAN; ZAINUDIN, 2017). Outro aspecto importante é que tanto no tratamento ácido quanto no básico, a escolha da concentração e a temperatura são fatores fundamentais para a obtenção de biossorventes altamente eficientes.

Resíduos podem ser utilizados tanto na sua forma *in natura* quanto também na forma de carbono poroso (carvão). Resíduos de cana-de-açúcar são utilizados na forma de bagaço como biossorventes por conterem grande quantidade de fibras insolúveis (lignina, celulose e hemicelulose), sendo atraente alternativa para o tratamento de efluentes e corantes têxteis (ABO EL NAGA et al., 2019). Para a produção de carvão, podem ser empregados bagaço de cana-de-açúcar, casca de soja e palha de milho, pois quando

incinerados exibem estrutura periódica de poros, que resulta em um arranjo ordenado dos átomos dentro de suas estruturas (ABO EL NAGA et al., 2019). Além dessas possibilidades, tem-se a utilização dos resíduos agroindustriais em forma de cinzas. Nestes casos, as cinzas apresentam maior conteúdo mineral que os carvões uma vez que os processos térmicos de obtenção ocorrem em temperaturas maiores que as de carvões. Como exemplo, cinzas de casca de arroz possuem aplicação como bioadsorventes para o tratamento de águas contaminadas (BERTACCO; CERON; LIKS, 2019).

Os resíduos das agroindústrias de mandioca e palmito pupunha foram estudados como potenciais bioadsorventes de baixo custo para a remoção do corante amarelo tartrazina e comparados ao carvão ativado comercial. Após 120 minutos de agitação em pH 2,0 e dosagem de $7,5 \text{ g L}^{-1}$ a $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$, o resíduo *in natura* de mandioca obteve 74,4% de eficiência de remoção do corante e o resíduo *in natura* de palmito pupunha 94,7%. Por apresentarem valores significativos de porcentagem de adsorção em comparação ao carvão ativado comercial (97,7% de eficiência nas mesmas condições), pode-se afirmar que estes resíduos são uma alternativa para adsorção desse corante (DOS SANTOS et al., 2021).

Ainda, resíduos de mandioca e cana-de-açúcar sofreram modificações físico-químicas com tratamento básico ($\text{NaOH } 0,10 \text{ mol L}^{-1}$) e carbonização e calcinação ($600 \text{ }^\circ\text{C}$ por 6h) e aplicados como adsorventes do corante azul de metileno. Os resíduos com tratamento básico obtiveram 90,1% (cana-de-açúcar) e 79,8% (mandioca) de eficiência de remoção e os resíduos carbonizados 91,2% (cana-de-açúcar) e 16,2% (mandioca). Esses resultados demonstram que os dois resíduos podem ser aplicados como bons adsorventes, mas sem a necessidade de carbonização e calcinação, somente com o tratamento básico (DE OLIVEIRA et al., 2019).

Também, foi aplicado tratamento básico ($\text{NaOH } 0,10 \text{ mol L}^{-1}$) nos resíduos bagaço de cana-de-açúcar, casca de milho e casca de arroz visando avaliá-los como bioadsorventes do corante azul de metileno. Estes materiais demonstraram alto nível de eficiência de remoção, sendo de 95,7% para bagaço de cana-de-açúcar, 98,5% para casca de milho e 95,4% para casca de arroz. Dessa forma, essa modificação alcalina contribuiu para potencializar os bioadsorventes para o tratamento de águas residuárias, atingindo valores acima de 95% de remoção do corante (PONCE et al., 2021).

4.4. Compensados

Uma das utilizações que agregam valor aos resíduos agroindustriais é na transformação destes em painéis de partículas aglomeradas (FIORELLI et al., 2015). Esses

painéis consistem na prensagem dos subprodutos na forma de pó ou de fibra, de forma a transformá-los em chapas compensadas. Do ponto de vista técnico, quase todos resíduos da agroindústria podem se constituir em fonte de matéria-prima para produção de painéis (CUNHA et al., 2016), em destaque sabugo de milho, casca de arroz, casca de café, casca de amendoim, pseudocaule de bananeira, casca de coco, caule de mandioca, casca de mamona, bagaço de cana, entre outros.

A utilização de compensados obtidos a partir de resíduos agroindustriais contribui para a redução do desmatamento e diminuição da demanda por materiais sintéticos usados como isolantes térmicos e acústicos, como as espumas. Ainda, garante uma destinação benéfica de subprodutos, antes vistos com desprezo, como proposta para valorização destes materiais de modo a evitar o descarte ou mesmo emprego de baixo valor agregado (FIORELLI et al., 2015). Entretanto, a obtenção da fase final desse tipo de compensados requer várias etapas, como lavagem, secagem, moagem, prensagem e, em alguns casos, tratamento contra possíveis desgastes para torná-los laváveis ou à prova de água. Essas etapas acabam por exigir mais tempo e alguns custos adicionais durante o processo de transformação.

A prensagem de resíduos agroindustriais resulta nos AFB (*Agricultural Fiberboard* - Painéis de Fibras Agroindustriais) que são as fibras de resíduos agroindustriais aglutinados por meio de adesivos, devido ao menor custo e maior disponibilidade de materiais. As chapas produzidas podem ter os mais diversos fins, mas alguns dos principais usos das chapas compensadas feitas a partir dos resíduos agroindustriais são na construção civil, utilizando como isolamento térmico ou acústico, confecção de paredes, forros, divisórias de ambientes, móveis e até mesmo objetos de decoração (CUNHA et al., 2016). Por exemplo, o estudo das propriedades físicas e mecânicas de painéis de partículas fabricados com os resíduos de maravalha de *Pinus spp* e fibras da casca de coco verde proporcionaram resultados promissores e acarretando a redução da absorção de água e do módulo de elasticidade, para alguns tratamentos (FIORELLI et al., 2015).

Também, estudos do comportamento físico-mecânico de painéis aglomerados de baixa densidade com resina poliuretana à base de óleo de mamona, fibra da casca do coco e casca de amendoim possibilitou concluir que a adição dos resíduos proporcionou aumento significativo na flexão estática e adesão interna (AI), módulo de elasticidade (MOE) e nas propriedades de módulo de ruptura (MOR) e que a resina poliuretana à base de óleo de mamona apresentou bom desempenho e pode ser usada como substituta para a resina comercial à base de ureia-formaldeído (CRAVO et al., 2015)

4.5. Compósitos

Os materiais compósitos (ou materiais compostos) são formados a partir da combinação de dois ou mais materiais com propriedades mecânicas complementares, objetivando um novo material, mas com qualidade superior, sendo utilizados nas mais diversas aplicações (LIGOWSKI; SANTOS; FUJIWARA, 2015). Entre os materiais de reforço mais estudados se destacam os que contém fibras vegetais provenientes de resíduos agroindustriais, que são de fonte renovável, abundantes e de baixo custo.

Dentre os resíduos agroindustriais, as fibras de coco, bagaço de cana-de-açúcar, e as cascas de algodão, arroz, milho e banana são as mais utilizadas na formação de materiais compósitos (MARENGO; VERCELHEZE; MALI, 2013). Esses materiais costumam ser utilizados na construção civil ou em produção de embalagens, como bandejas biodegradáveis com acréscimo de materiais compósitos proveniente de resíduos agroindustriais (MARENGO; VERCELHEZE; MALI, 2013).

Como exemplo, estudos possibilitaram o desenvolvimento do processo de preparo das fibras da folha de milho, capaz de caracterizar e adequar para o desenvolvimento de compósitos poliméricos reforçado a partir dessas fibras. Os resultados demonstraram a partir dos ensaios de tração que os polímeros podem ser reforçados com as fibras das folhas de milho tratadas com o processo de mercerização, que é um tratamento alcalino que incide em expor fios e tecidos de algodão em soda cáustica para alterar sua aparência resultando em um produto brilhante e sedoso, com maior absorção das cores e fortalecimento, oportunizando o aumento da resistência do material (MOREIRA; SEO, 2016). Entretanto, o uso dos resíduos da agroindústria na obtenção de materiais compósitos exige cuidados especiais, como a limpeza prévia dos resíduos, e a não presença de impurezas não fibrosas. Caso não sejam tomadas as devidas precauções, podem interferir negativamente, diminuindo sua vida útil e sendo viáveis apenas a médio prazo.

4.6. Biocombustíveis

A busca cada vez maior por energia gera a necessidade de inovações nas fontes de produção, visando suprir o aumento exponencial da população e da industrialização do último século (SAINI; CHANDEL; SHARMA, 2020). Energia proveniente de fontes não renováveis, combustíveis fósseis, causa importantes impactos ambientais e cada vez mais seu uso passa a ser questionado (RIBEIRO; LIMA; MORANDIM-GIANNETTI, 2018). O bioetanol tem ganhado cada vez mais destaque e estudos relatam que seu consumo em

relação aos combustíveis fósseis pode reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, e dependendo do substrato utilizado é obtida eficiência na redução dos gases considerando todo o seu processo produtivo (SYDNEY et al., 2019). Dessa forma, desperta-se grande interesse do etanol como fonte de energia renovável limpa e potente como combustível.

A produção do etanol pode ser obtida por duas abordagens, a de primeira geração e a de segunda geração. Etanol de primeira geração é aquele obtido através matéria-prima, no caso da cana-de-açúcar, produzido pela fermentação do caldo de cana que contém os açúcares solúveis da planta e posterior destilação (TOLLER, 2016). Já o etanol de segunda geração pode ser obtido através da celulose da planta presente, por exemplo, na palha e bagaço da cana-de-açúcar. A transformação dessa matéria-prima ocorre pela extração por pressão ou difusão obtendo uma solução açucarada que é submetida a fermentação e destilação, transformando-se assim no produto etanol. Os biocombustíveis que estão sendo mais rapidamente desenvolvidos e comercializados são os derivados da biomassa lignocelulósica, resíduos agroindustriais, resíduos florestais e resíduos de polpa de papel (SAINI; CHANDEL; SHARMA, 2020; ZABED et al., 2017). Neste contexto, resíduos agroindustriais podem ser matéria-prima importante para a produção de etanol de segunda geração (TOLLER, 2016). A biodigestão anaeróbia dos resíduos gerados no meio agroindustrial oportuniza diversificar a matriz energética nacional e diminuir os impactos ambientais gerados, consequentemente proporciona benefícios socioeconômicos por meio de práticas sustentáveis e gera renda aos produtores (TOLLER, 2016). Para o bioetanol, a utilização de biomassas residuais contribui com a adição considerável em litros de bioetanol por hectare, sem a precisar aumentar a área plantada (ROCHA; ALMEIDA; DA CRUZ, 2017).

Além da cana-de-açúcar, outros resíduos da agroindústria também são estudados como destinação na produção energética, como casca de algodão, soqueira de algodão, casca de arroz, casca de café, soja, sabugo e palha de milho, trigo, cascas de frutas, coco entre outras (EMBRAPA, 2015). Diversos estudos apresentam que as biomassas derivadas do milho (palha) e da cana-de-açúcar (palha e bagaço) demonstram grande importância energética, podendo fornecer expressivamente o aumento da geração de energia elétrica. No caso da geração de energia a partir de subprodutos da agroindústria da cana-de-açúcar, parte do resíduo pode ser utilizada pela própria usina sucroalcooleira como combustível para geração de energia e calor (BONASSA et al., 2015). Dessa forma, a cana-de-açúcar é o mais evidente exemplo de produção energética por, além de produzir o etanol, poder gerar energia para abastecer a própria usina.

4.7. Biotecnologia

A Biotecnologia compreende todos os processos de transformação de matérias-primas renováveis, e os de produção, mediante cultivos e aplicações celulares microbianas, animais e vegetais, ou seus distintos componentes (SILVA; MALTA, 2016). O grande trunfo é conseguir desenvolver processos ou produtos a partir de materiais recicláveis ou com a utilização dos resíduos agroindustriais. Dessa forma, a biotecnologia é vista como uma das principais tecnologias do século XXI, com características de inovação radical, impacto atual e potencial frente a problemas globais (doenças, nutrição e poluição ambiental) junto à promessa de desenvolvimento industrial sustentável (utilização de recursos renováveis, “tecnologia limpa”, redução do aquecimento global (SILVA & MALTA, 2016).

Um estudo investigou o processo biotecnológico da produção fúngica de frutooligossacarídeos (polímero de frutose, muito utilizado para garantir o gosto açucarado) a partir da fermentação em estado sólido dos resíduos agroindustriais bagaço de cana, casca de café, casca de abacaxi, casca de figo da Índia e casca de banana. Os resultados desse trabalho mostraram que a utilização de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com aguamiel (seiva rica em açúcar fermentados a partir do agave) é a alternativa mais econômica e excelente para a produção de frutooligossacarídeos por *Aspergillus oryzae* DIA-MF, seguida da casca de abacaxi e da casca de banana (DE LA ROSA et al., 2020).

Também, diversos estudos abordam a biotecnologia com base no uso de substratos a partir de resíduos da agroindústria para a produção de enzimas lignocelulolíticas, com foco em biorreatores sob fermentação em estado sólidos. Alguns destes resíduos utilizados são o farelo de arroz (JANARNY; GUNATHILAKE, 2020), casca de café (MARÍN; ARTOLA; SÁNCHEZ, 2019) e bagaço de azeitona com resíduos de uva (FILIPE et al., 2020). Dentre estes subprodutos, o farelo de trigo é o mais eficaz para a produção de xilanase (enzima degradante de polissacarídeo) e celulase por fermentação em estado sólido (LEITE et al., 2021).

4.8. Construção Civil

Indústrias que produzem matéria-prima para a construção civil enfrentam constantemente desafios para reduzir os impactos causados ao meio ambiente e a crescente preocupação às mudanças climáticas, principalmente aquelas indústrias que fazem o uso de combustíveis fósseis e extração mineral. Desse modo, pesquisadores estão utilizando os resíduos agroindústrias como opção no processo produtivo industrial, causando redução no custo de produção e alinhando seus produtos na cadeia sustentável.

Um dos principais produtos utilizados na construção civil é o cimento Portland, que para sua produção possuem quatro principais componentes: (i) CaO (óxido de cálcio), (ii) SiO₂ (dióxido de silício), (iii) Al₂O₃ (óxido de alumínio) e (iv) Fe₂O₃ (óxido de ferro). De forma simplificada, estes componentes são todos misturados e aquecidos em altas temperaturas formando o clínquer, que logo é acrescentado gesso e calcário em uma caldeira formando um pó fino, o cimento (HABERT, 2013). Nesse processo os impactos ambientais causados estão relacionados diretamente na produção do cimento durante o aquecimento das fornalhas que liberam CO₂ e indiretamente durante a preparação das reações e seus resíduos.

Entretanto, o desenvolvimento de cimento sustentável, também conhecido como cimento verde, é uma alternativa viável na redução desses impactos, como demonstra o estudo de Ferreira et al. (2017), que fizeram o uso de resíduos resultantes da cadeia produtiva da cana-de-açúcar. Os resíduos de cana-de-açúcar são compostos ricos em fibras lignocelulósicas o que contribui para a sua aplicação na construção civil, sendo utilizados com substitutos de materiais fósseis que possuem composição química e estrutural parecidos às fibras. Para produzir cimento verde, foram utilizadas cinzas da palha da cana-de-açúcar que foram analisadas em diferentes misturas e comparadas ao cimento Portland podendo assim substituir 20% do clínquer para a produção do cimento.

Além do cimento verde, há a utilização de areia de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar - SBAS (resíduo resultante da queima do bagaço da cana-de-açúcar) em argamassas. O SBAS pode ser agregado em argamassas em até 50% da mistura substituindo o uso de areia natural sem causar redução na qualidade e diferença das argamassas já presente no mercado (ALMEIDA et al., 2015). A substituição desses resíduos causa uma destinação sustentável ao SBAS e reduz a exploração da mineração de areia que causa diversos danos para a natureza desde a extração até o seu destino.

Outra aplicabilidade do uso do bagaço de cana-de-açúcar é poder complementar misturas asfálticas, que proporcionam pavimentação com maior estabilidade em altas temperaturas e a resistência a rachaduras, tornando-se uma grande aliada para o descarte desses resíduos agroindustriais (LI et al., 2020).

4.9. Nanocelulose

Entre as fontes renováveis mais abundantes está a celulose, principal estrutura presente na parede celular das plantas, com uma produção de aproximadamente cem bilhões de toneladas por ano no mundo (Urruzola et al., 2014). A celulose foi descrita há

182 anos pelo químico francês Anselme Payen ao investigar um sólido fibroso que se manteve íntegro por ter sido submetido a tratamentos de vários tecidos vegetais com ácidos e amoníaco, e logo após a extração com água, álcool e éter. Por meio de análise elementar, Payen foi capaz de determinar a fórmula molecular como $(C_6H_{10}O_5)_n$ e verificou a sua isomeria com o amido (KLEMM; HEUBLEIN; FINK; BOHN, 2005).

A celulose é um polímero natural e normalmente é utilizado como fibra. Uma das suas características é a sua estrutura molecular que pode ser facilmente modificada por reações químicas, o que proporciona a síntese de polímeros naturais derivados da celulose. Outra vantagem do uso da celulose é a sua biodegradabilidade que é um atrativo para aplicações comerciais

A nanocelulose (NC) é uma celulose em escala nanométrica com diâmetro menor que 100 nm, geralmente encontrada no formato de fibras ou em cristais que pode ser obtida a partir de fibras naturais de celulose (PATIL, et al., 2021). Suas principais características são a biodegradabilidade, leveza, baixa densidade e alta resistência à tração, também possui grupos hidroxila que reagem a outros materiais, o que torna possível a sua utilização em diversas aplicações (SHARMA et al., 2019).

São encontrados na literatura alguns tipos de NC, que são classificadas em diferentes categorias baseando-se em sua forma, dimensão, função e o método de obtenção, que são influenciadas da fonte celulósica e de tipo de processamento (FAROOQ et al., 2020). Entre os diferentes tipos de NC tem-se a Celulose Microcristalina (MCC), Celulose Microfibrila (CMF), Celulose Nanofibrila (CNF) e Nanocristais de Celulose (CNC) que não diferem somente em nomenclatura, mas em suas medidas também (ABE & YANO, 2010; DHALI et al., 2021).

As fontes de NC são diversas, como por exemplo: fibras de folhas de abacaxi, espiga de milho, bagaço de cana de açúcar, casca de arroz, palha de trigo, casa de cevada, fibras de estrume, fibra de kenaf, fibras de sisal, resíduos de chá, juta, fibra de algodão, casca de soja, fibra de óleo de dendê, casca de jaca, polpa de eucalipto, pinha, tronco de palma, bambu, resíduo de papel, casca de banana, resíduo industrial de cerveja, linho, algodão e além de derivados de fontes vegetais como algas, bactérias e fungos (KHALID et al., 2021; MARAKANA et al., 2021; ZAKI et al., 2021); .

O campo de aplicação da NC é bastante vasto, com aplicações em biomedicina no desenvolvimento de biomateriais pois esse material é compatível com células e tecidos humanos. Dessa forma, podem ser utilizados para a confecção de curativos, implantes

médicos, reparos ósseos, biossensores, impressão 3D de tecidos, reparação do tecido da pele, membranas antibacteriana e transporte de medicamentos (RESHMY et al., 2021).

Pela produção da NC ser relativamente barata comparada com outros polímeros, novos conceitos de embalagens que estão surgindo a partir do uso de biopolímeros produzidos a partir de compostos de NC, o que também torna esse produto ecologicamente correto é alinhar a resistência e biodegradabilidade a partir de uma única matéria prima (ZAKI et al., 2021).

Outras aplicações da NC incluem tratamento ambiental e de águas residuais e remoção de corante a partir da adsorção (ZAKI et al., 2021), peças eletrônicas flexíveis, fotodetectores, hidrogéis, indústria têxtil, estrutura aeroespacial, catalisadores, e diversas outras aplicações citadas pelos autores (KHALID et al., 2021).

Em vista das informações listada, é nítido o potencial que os compostos nanocelulósicos possuem na sociedade moderna, entre as mais diversas aplicações, contribuindo para a redução de resíduos, queima de combustíveis fósseis, gastos energéticos e uma alternativa barata como matéria prima na produção de matérias.

5. CONCLUSÕES

A partir desse trabalho foi possível elencar as cinco culturas com maior produção inseridas para cada mesorregião do estado do Paraná, o que permitiu verificar a ampla variedade de culturas agrícolas no estado. Também foi identificado que as culturas de cana-de-açúcar, soja e milho são as mais abundantes do estado, que destaca o estado entre os mais produtores do Brasil. A elevada produção agrícola pode ser devida principalmente ao clima paranaense e à fertilidade do solo (condições ambientais) mas também aos processos relacionados à tecnologia de produção, como uso de agroquímicos e engenharia genética. As mesorregiões com maior produção do estado são a Noroeste, Norte Central e Norte Pioneiro, sendo as regiões em potencial para a implementação de tecnologias de valorização de resíduos agrícolas e agroindustriais.

Como alternativas à destinação dos resíduos agrícola existem as possibilidades de utilização em compostagem, alimentação animal, uso como biossorventes, compensados, compósitos, biocombustíveis, biotecnologia, construção civil e nanocelulose. A destinação de resíduos de culturas específicas depende essencialmente da composição química, reatividade, propriedades mecânicas e resistência à ação microbiológica. Nesse sentido, o apoio a pesquisas para a realização de estudos é essencial para que os setores agrícolas

e agroindustriais paranaenses consigam proporcionar valor agregado a seus resíduos, resultando na mitigação dos resíduos resultantes dos processos produtivos.

REFERÊNCIAS

ABE, K.; YANO, H. Comparison of the characteristics of cellulose microfibril aggregates isolated from fiber and parenchyma cells of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*). **Cellulose**, v. 17, n. 2, p. 271–277, 2010.

ABO EL NAGA, A. O.; SAIED, M. E.; SHABAN, S. A.; KADY, F. Y. E. Fast removal of diclofenac sodium from aqueous solution using sugar cane bagasse-derived activated carbon. **Journal of Molecular Liquids**, v. 285, p. 9-19, 2019.

ALMEIDA, F. C.R.; SALES, A.; MORETTI, J. P.; MENDES, P. C. D. Sugarcane bagasse ash sand (SBAS): Brazilian agroindustrial by-product for use in mortar. **Construction and Building Materials**, v. 82, p. 31–38, 2015.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, A. R. L. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515–540, 2019.

ASADU, C. O.; EGBUNA, S. O.; CHIME, T. O.; EZE, C. N.; KEVIN, D.; MBAH, G. O.; EZEMA, A. C. Survey on solid wastes management by composting: Optimization of key process parameters for biofertilizer synthesis from agro wastes using response surface methodology (RSM). **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 3, p. 52-61, 2019.

BERTACCO, T. C.; CERON, L. P.; LIKS, L. A. S. Verificação da capacidade de adsorção da cinza da casca de arroz em efluente de cromo hexavalente em fluxo contínuo. **ENGEVISTA**, v. 21, n. 1, p. 114–125, 2019.

BHATTACHARJEE, C.; DUTTA, S.; SAXENA, V. K. A review on biosorptive removal of dyes and heavy metals from wastewater using watermelon rind as biosorbent. **Environmental Advances**, v. 2, p. 100007, 2020.

BHERING, S. B. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 73p.

BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T.; FRIGO, K. D. A.; FEIDEN, A.; TELEKEN, J. G.; FRIGO, E. P. Subprodutos Gerados na Produção de Bioetanol: Bagaço, Torta de Filtro, água de Lavagem e Palhagem. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 3, p. 144-166, 2015.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal**: tabela 5457 - área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanente. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 21 jan. 2022.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **O IBGE**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/acesso-informacao/institucional/o-ibge.html>. Acesso em: 21 jan. 2022.

BRASIL. **Plano nacional e resíduos sólidos**. Versão 1. Brasília: 2012. Disponível em: http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/12/plano_nacional_residuos_solido.pdf. Acesso em: 23 ago. 2021.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf%0Awww.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 5. dez. 2021.

BRASÍLIA. **Embrapa Hortaliças**: Como plantar batata - clima. Como plantar batata - Clima. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/clima>. Acesso em: 21 jan. 2022.
BRASÍLIA. **Citros**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

CRAVO, J. C. M.; SARTORI, D. L.; FIORELLI, J.; BALIEIRO, J. C. C.; JUNIOR, H. S. Painel aglomerado de resíduos agroindústrias. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 721-730, 2015.

CORDEIRO, N. K.; CARDOSO, K. P. S. Gestão de resíduos agrícolas como forma de redução dos impactos ambientais. **Revista de Ciências Ambientais**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, p. 23-34, 2020.

CUNHA, A. B.; RIOS, P. D.; BOURSCHEID, C. B.; KNISS, D. D. C.; CÓRDOVA, F. C.; VIEIRA, H. C.; SILVEIRA, V. Z. Propriedades tecnológicas de painéis aglomerados produzidos com misturas de fibras e maravalhas de *Pinus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 112, p. 841-849, 2016.

DALPIAN, A. S. M.; DE ALBUQUERQUE, E. B.; RODRIGUES, J. S. Análise da composição química para avaliar o uso do resíduo impureza mineral e vegetal do amendoim na alimentação de bovinos. **South American Sciences**, v. 1, n. 2, p. 1-13, 2020.

DE LA ROSA, O.; MÚÑIZ-MARQUEZ, D.; CONTRERAS-ESQUIVEL, J.; WONG-PAZ, J.; RODRÍGUEZ-HERRERA, R.; AGUILAR, C. N. Improving the fructooligosaccharides production by solid-state fermentation. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 27, p. 101704, 2020.

DE OLIVEIRA, A. V. B.; RIZZATO, T.; BOLANHA, B. C.; FÁVARO, S. L.; CAETANO, W.; HIOKA, N.; BATISTELA, V. R. Physicochemical modifications of sugarcane and cassava agro-industrial wastes for applications as biosorbents. **Bioresource Technology Reports**, v. 7, n. July, p. 100294, 2019.

DHALI, K.; GHASEMLOU, M.; DAVER, F.; CASS, P.; ADHIKARI, B. A review of nanocellulose as a new material towards environmental sustainability. **Science of The Total Environment**, v. 775, p. 145871, 2021.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, v. 36, n. 5, p. 640-645, 2013.

EMBRAPA. **Produção de energia com resíduos da agropecuária**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2563333/producao-de-energia-com-residuos-da-agropecuaria>. Acesso em: 20 ago. 2021.

FAROOQ, A.; PATOARY, M. K.; ZHANG, M.; MUSSANA, H.; LI, M.; NAEEM, M. A.; MUSHTAG, M.; FAROOQ, A.; LIU, L. Cellulose from sources to nanocellulose and an overview of synthesis and properties of nanocellulose/zinc oxide nanocomposite materials. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 154, p. 1050–1073, 2020.

FERREIRA, E. G. A.; YOKAICHYIA, F.; RODRIGUES, M. S.; BERALDO, A. L.; ISAAC, A.; KARDJILOV, N.; FRANCO, M. K. G. Assessment of Greener Cement by employing thermally treated sugarcane straw ashes. **Construction and Building Materials**, v. 141, p. 343–352, 2017.

FILIFE, D.; FERNANDES, H.; CASTRO, C.; PERES, H.; OLIVA-TELES, A.; BELO, I.; SALGADO, J. M. Improved lignocellulolytic enzyme production and antioxidant extraction using solid-state fermentation of olive pomace mixed with winery waste. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 14, n. p. 1, p. 78-91, 2020.

FIORELLI, J.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R.; NASCIMENTO, M. F.; CURTOLO, D. D.; SARTORI, D. L.; BELINI, U. L. Painéis de partículas monocamadas fabricadas com resíduo de madeira e fibra de coco verde. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 175–182, 2015.

GIESE, E. C. Prospecção de tecnologias relacionadas ao processo de biossorção de metais. **Revista Gestão Inovação e Tecnologias**, v. 9, n. 3, p. 5046-5057, 2019.

GUTIÉRREZ, M. C.; SERRANO, A.; SILES, J. A.; CHICA, A. F.; MARTÍN, M. A. Centralized management of sewage sludge and agro-industrial waste through co-composting. **Journal of Environmental Management**, v. 196, p. 387-393, 2017.

HABERT, G. Environmental impact of Portland cement production. **Eco-Efficient Concrete**, p. 3–25, 2013.

ILYAS, R. A.; SAPUAN, S. M.; ZAINUDIN, E. S. Effect of delignification on the physical, thermal, chemical, and structural properties of sugar palm fibre. **BioResources**, v. 12, n. 4, p. 8734–8754, 2017.

JANARNY, G.; GUNATHILAKE, K. D. P. P. Changes in rice bran bioactives, their bioactivity, bioaccessibility and bioavailability with solid-state fermentation by *Rhizopus oryzae*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 23, p. 101510, 2020.

KHALID, M. Y.; RASHID, A. A.; ARIF, Z. U.; AHMED, W.; ARSHAD, H. Recent advances in nanocellulose-based different biomaterials: types, properties, and emerging applications. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 14, p. 2601–2623, 2021.

KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H. P.; BOHN, A. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. **Angewandte Chemie**, Weinheim, v. 22, n. 44, p. 3358-3393, 2005.

KOLLING, C.; LAGO, N. C. ISO 14000: Contribuições Práticas e Preposição de Agenda de Pesquisa. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. esp., p. 668-685, 2020.

LEITE, P.; SOUSA, D.; FERNANDES, H.; FERREIRA, M.; COSTA, A. R.; FILIPE, D.; GONÇALVES, M.; PERES, H.; BELO, I.; SALGADO, J. M. Recent advances in production of lignocellulolytic enzymes by solid-state fermentation of agro-industrial wastes. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 27, p. 100407, 2021.

LI, Z.; ZHANG, X.; FA, C.; ZHANG, Y.; XIONG, J.; CHEN, H. Investigation on characteristics and properties of bagasse fibers: Performances of asphalt mixtures with bagasse fibers. **Construction and Building Materials**, v. 248, p. 118648, 2020.

LIGOWSKI, E.; SANTOS, B. C.; FUJIWARA, S. T. Materiais compósitos a base de fibras da cana-de-açúcar e polímeros reciclados obtidos através da técnica de extrusão. **Polímeros**, v. 25, n. 1, p. 70-75, 2015.

LIMA, D. P.; SANTOS, C.; SILVA, R. S.; YOSHIOKA, E. T. O.; BEZERRA, R. M. Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 4, p. 405-414, 2015.

MANFRON, P. A.; LAZZAROTTO, C.; MEDEIROS, S. L. P. Trigo: aspectos agrometeorológicos. **Ciências Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 233-239, 1993.

MARADINI FILHO, A. M. Aproveitamento de resíduos agroindustriais. In: ROBERTO, C. D.; TEIXEIRA, L. J. Q.; CARVALHO, R. V. (Org.). **Tópicos especiais em ciência e tecnologia de alimentos**, Vitória: EDUFES, 2020, p. 287–301.

MARAKANA, P. G.; DEY, A.; SAINI, B. Isolation of nanocellulose from lignocellulosic biomass: Synthesis, characterization, modification, and potential applications. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 6, p. 106606, 2021.

MARENGO, V. A.; VERCELHEZE, A. E. S.; MALI, S. Compósitos biodegradáveis de amido de mandioca e resíduos da agroindústria. **Química Nova**, v. 36, n. 5, p. 680-685, 2013.

MARÍN, M.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A. Optimization of Down-Stream for Cellulases Produced Under Solid-State Fermentation of Coffee Husk. **Waste and Biomass Valorization**, v. 10, n. 10, p. 2761-2772, 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 333p.

MOREIRA, T. M.; SEO, E. S. M. Obtenção e caracterização de polímero reforçado com fibras da folha de milho. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 1054-1068, 2016.

NIJU, S.; SWATHIKA, M. Delignification of sugarcane bagasse using pretreatment strategies for bioethanol production. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 20, p. 101263, 2019.

OLIVEIRA, A. P.; FERREITA, B. S. Biotecnologia aliada da agricultura e na produtividade da soja. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da Fait**, Itapeva, v. 2, n. 1, p. 1-13, 2021.

PARANÁ. J. P. (Org.). **Embrapa Florestas: erva-mate - perguntas e resposta. Erva-Mate - Perguntas e resposta.** 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas>. Acesso em: 21 jan. 2022.

PARANÁ. INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES. **Produção Agrícola.** 2018. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acesso em: 21 jan. 2022.

PASSO FUNDO. E. M. (Ed.). **Indicações Técnicas para a Produção de Cevada Cervejeira nas Safras 2015 e 2016.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/1729833/2015-2016-Indicacoes>. Acesso em: 20 jan. 2022.

PEREIRA, V. G. C.; GRIS, D. J.; MARANGONI, T.; FRIGO, J. P.; AZEVEDO, K. D.; GRZESIUCK, A. E. Exigências Agroclimáticas para a Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, n. 1, p. 32-42, 2014.

PONCE, J.; ANDRADE, J. G. S.; SANTOS, L. N.; BULLA, M. K.; BARROS, B. C. B.; FAVARO, S. L.; HIOKA, N.; CAETANO, W.; BATISTELA, V. R. Alkali pretreated sugarcane bagasse, rice husk and corn husk wastes as lignocellulosic biosorbents for dyes. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 2, p. 10061, 2021.

PATIL, T. V.; PATEL, D. K.; DUTTA, S. D.; DUTTA, S. D.; SANTRA, T. S.; LIM, K. T. Nanocellulose, a versatile platform: nanocellulose, a versatile platform. **Bioactive Materials**, Elsevier, v. 9, n. 1, p. 566-589, 2021.

RESHMY, R.; PHILIP, E.; MADHAVAN, A.; ARUN, K. B.; BINOD, P.; PUGAZHENDHI, A.; AWSTHI, M. K.; GNANSOUNOU, E.; PANDEY, A.; SINDHU, R. Promising eco-friendly biomaterials for future biomedicine: Cleaner production and applications of Nanocellulose. **Environmental Technology & Innovation**, v. 24, p. 101855, 2021.

RIBEIRO, W. C. O.; LIMA, A. C. S.; MORANDIM-GIANNETTI, A. A. Optimizing treatment condition of coir fiber with ionic liquid and subsequent enzymatic hydrolysis for future bioethanol production. **Cellulose**, v. 25, n. 1, 2018.

ROCHA, M. S. R. S.; ALMEIDA, R. M. R. G.; DA CRUZ, A. J. G. Avaliação do potencial energético de resíduos agroindustriais provenientes de diferentes regiões brasileiras. **Engevista**, v. 19, n. 1, p. 217-235, 2017.

RODRIGUES, A. C.; FRANÇA, J. R.; SILVEIRA, R. B.; SILVA, R. F.; DA ROS, C. O.; KEMERICH, P. D. C. Compostagem de resíduos orgânicos: Eficiência do processo e qualidade do composto. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 759–770, 2015.

ROSSONI, R. A.; MORAES, M. L.; CATTELAN, R.. O perfil da modernização da agricultura do Paraná: Uma análise de cluster. **Informe GEPEC**, v. 25, p. 29–45, 2021.

SAINI, S.; CHANDEL, A. K.; SHARMA, K. K. Past practices and current trends in the recovery and purification of first-generation ethanol: A learning curve for lignocellulosic ethanol. **Journal of Cleaner Production**, v. 268, p. 122357, 2020.

SANTOS, L. N.; PORTO, C. E.; BULLA, M. K.; BATISTELA, V. R.; BARROS, B. C. B. Peach palm and cassava wastes as biosorbents of tartrazine yellow dye and their application in industrial effluent. **Scientia Plena**, v. 17, n. 5, p. 1-19, 2021.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Curitiba, v. 2, n. 7, p. 03-12, 2006.

SHARMA, A.; THAKUR, M.; BHATTACHARYA, M.; MANDAL, T.; GOSWAMI, S. Commercial application of cellulose nano-composites – A review. **Biotechnology Reports**, v. 21, p. 316, 2019.

SHARMA, D.; YADAV, K. D.; KUMAR, S. Role of sawdust and cow dung on compost maturity during rotary drum composting of flower waste. **Bioresource Technology**, v. 264, p. 285-289, 2018.

SILVA, C. J. A.; MALTA, D. J. N. A importância dos fungos na biotecnologia. **Ciências biológicas e da saúde**, Recife, v. 2, n. 3, p. 49–66, 2016.

SIQUEIRA, G. R.; ROTH, M. T. P.; MORETTI, M. H.; BENATTI, J. M. B.; RESENDE, F. D. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Revista brasileira de saúde e produção animal**, v. 13, n. 4, p. 991-1008, 2012.

SMA-ABC. **Classificação climática do Paraná**. 2021. Disponível em: https://sma.fundacaoabc.org/climatologia/classificacao_climatica/parana. Acesso em: 21 jan. 2022.

TOLLER, M. A transformação de resíduos agroindustriais através de biodigestores: Uma gestão socioambiental. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 5, n. 1, p. 42-50, 2016.

URRUZOLA, I.; ROBLES, E.; SERRANO, L.; LABIDI, J. Nanopaper from almond (*Prunus dulcis*) shell. **Cellulose** 2014, v. 21, n. 3, p. 1619–1629, 2014.

ZABED, H.; SAHU, J. N.; SUELY, A.; BOYCE, A. N.; FARUQ, G. Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 475-501, 2017.

ZAKI, M.; KHALIL, H. P.S. A.; SABARUDDIN, F. A.; BAIRWAN, R. D.; OYEKANMI, A.A.; ALFATAH, T.; DANISH, M.; MISTAR, E. M.; ABDULLAH, C. K. Microbial treatment for nanocellulose extraction from marine algae and its applications as sustainable functional material. **Bioresource Technology Reports**, v. 16, p. 100811, 2021.

Recebido: 01.10.2021

Aceito: 08.02.2022