



Proposta de um modelo de produção sustentável e competitivo para o sisal brasileiro



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Algodão
Ministério da Agricultura e Pecuária**

DOCUMENTOS 289

Proposta de um modelo de produção sustentável e competitivo para o sisal brasileiro

*Liv Soares Severino
Camilo Flamarion de Oliveira Franco (in memoriam)
Manoel Francisco de Sousa*

Embrapa Algodão
Campina Grande, PB
2023

Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário
58428-095, Campina Grande, PB
Fone: (83) 3182 4300
www.embrapa.br/algodao
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Daniel da Silva Ferreira

Secretária-Executiva
Magna Maria Macedo Nunes Costa

Membros
Francisco José Correia Farias, Geraldo Fernandes de Sousa Filho, Luiz Paulo de Carvalho, Nair Helena Castro Arriel, Rita de Cássia Cunha Saboya

Supervisão editorial
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Revisão de texto
Marcela Bravo Esteves

Normalização bibliográfica
Enyomara Lourenço Silva

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Fotos da capa
Liv Soares Severino

1ª edição

Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Algodão

Severino, Liv Soares.

Proposta de um modelo de produção sustentável e competitivo para o sisal brasileiro / Liv Soares Severino, Camilo Flamarion de Oliveira Franco, Manoel Francisco de Sousa. – Campina Grande : Embrapa Algodão, 2023.

PDF (31 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Algodão, e-ISSN 2966-0343 ; 289)

1. Sisal - Cultivo. 2. Planta Têxtil. 3. Fibra - Produção. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Produção vegetal. I. Franco, Camilo Flamarion de Oliveira. II. Sousa, Manoel Francisco de. III. Embrapa Algodão. IV. Título. V. Série.

CDD 633.57

Autores

Liv Soares Severino

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB

Camilo Flamarion de Oliveira Franco (in memoriam)

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB

Manoel Francisco de Sousa

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB

Apresentação

O sisal é uma cultura bem adaptada ao Semiárido brasileiro e que possui enorme potencial para gerar emprego e renda, ao mesmo tempo em que atende ao crescente mercado mundial de fibras naturais para usos diversos. O Nordeste do Brasil tem uma longa história no cultivo de sisal, o qual ainda é uma fonte de renda relevante para grande contingente de agricultores e pessoas envolvidas com sua cadeia produtiva. Deve-se destacar que o Brasil é também o maior produtor mundial de fibra de sisal.

A despeito de sua importância, a cultura do sisal no Brasil está muito aquém de seu potencial, pois esta planta poderia trazer ainda mais benefícios e oportunidades para o País, em especial para a região semiárida, onde os indicadores de desenvolvimento social e econômico mais carecem de melhorias.

Este documento propõe um diagnóstico dos principais problemas que limitam a expansão da produção de sisal no Brasil e sinaliza um caminho por onde seria possível aumentar a viabilidade desta cultura e o ressurgimento de uma cadeia produtiva pujante. Este caminho inclui necessariamente o desenvolvimento de tecnologias que favoreçam o aumento da produtividade, a redução dos custos de produção e o melhor aproveitamento dos produtos colhidos. Ao lado do desenvolvimento tecnológico, a organização da cadeia produtiva e o suporte de políticas públicas bem desenhadas podem brindar o Brasil com mais uma opção de desenvolvimento para a agricultura. A expansão da produção de sisal pode ainda contribuir de forma relevante para vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: erradicação da pobreza, emprego digno e crescimento econômico, redução das desigualdades, consumo e produção sustentáveis e combate às alterações climáticas.

Alderí Emídio de Araújo

Chefe-Geral da Embrapa Algodão

Sumário

Introdução.....	9
Situação atual da produção de sisal.....	10
Baixa produtividade agrícola	10
Alta dependência de mão de obra braçal	13
Deficiência no controle de qualidade.....	17
Desperdício de coprodutos do sisal	17
Cadeia produtiva desestruturada	19
Visão de futuro para o sisal: soluções.....	21
Colhedora mecanizada de sisal	21
Seleção de clones e variedades de sisal	23
Produção de mudas de boa qualidade.....	23
Plantio mecanizado de mudas	25
Manejo agrônômico das lavouras de sisal	25
Integração com a pecuária.....	26
Conservação da mucilagem.....	27

Aproveitamento do suco.....	27
Tecnologia para controle de qualidade da fibra de sisal	28
Considerações finais	28
Referências	29

Introdução

O sisal (*Agave sisalana*) é uma planta originária do deserto mexicano que foi introduzida no Brasil há mais de cem anos e se adaptou muito bem ao Semiárido brasileiro. O Brasil é o maior produtor mundial de sisal (Figura 1), sendo responsável por 47% da fibra disponibilizada no mercado anualmente FAO (2022). Os demais países produtores de sisal são Tanzânia, Quênia, Madagascar, China, México e Haiti.

No Brasil, o estado da Bahia destaca-se como o maior produtor de sisal (95,8%), seguido pelos estados da Paraíba (3,5%), Ceará (0,4%) e Rio Grande do Norte (0,3%). Não há dados exatos sobre o tamanho da cadeia produtiva do sisal, mas estima-se que gere renda de forma direta ou indireta para cerca de 1 milhão de pessoas, com um PIB anual de R\$ 500 milhões e produção anual de aproximadamente 90 mil toneladas de fibra (Alves et al., 2005; Andrade et al., 2012; Silva, 2016).

Este documento discute a situação atual da cadeia produtiva do sisal no Brasil, com ênfase nas causas de ineficiência, e propõe caminhos para superar essas limitações e promover o desenvolvimento de um novo modelo de produção sustentável e competitivo. A produção de sisal no Brasil pode

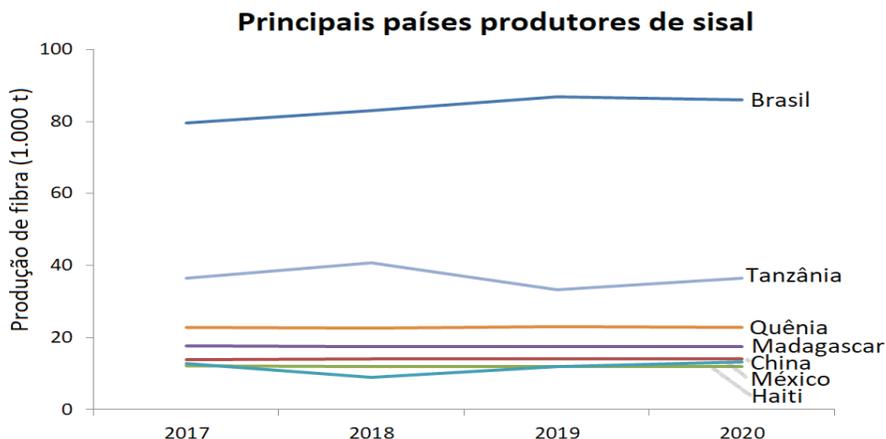


Figura 1. Volume produzido e principais países produtores de fibra de sisal entre 2017 e 2020.

Fonte: FAO (2022).

crescer de forma relevante se forem desenvolvidas e adotadas tecnologias agrícolas e industriais adequadas e se forem superados os fatores que causam ineficiência na sua cadeia produtiva.

Esta é uma proposta inspirada no exemplo da modernização que ocorreu nas últimas décadas com diversas culturas agrícolas no Brasil – soja, milho, algodão, feijão, frutas e arroz (Barros; Navarro, 2022; Telhado; Capdeville, 2021) – e sustenta que o desenvolvimento e adoção de tecnologias agrícolas adequadas tem potencial para transformar também a produção de sisal.

Situação atual da produção de sisal

A cadeia produtiva de sisal no Brasil possui diversas ineficiências na fase de produção agrícola e de processamento industrial. A exploração da cultura do sisal ocorre em uma região de desenvolvimento econômico incipiente, mas ela contribui pouco para a melhoria dos indicadores sociais (Alves et al., 2005). Do ponto de vista ambiental, a produção de sisal ocorre em áreas com predominância de solos frágeis que estão expostos à erosão e esgotados quimicamente, de forma que o manejo inadequado tem contribuído para a desertificação e degradação dos solos (Jesus et al., 2022).

Baixa produtividade agrícola

A primeira causa de ineficiência da produção de sisal é a baixa produtividade obtida nos plantios. Na principal região produtora no Estado da Bahia, a produtividade de sisal pode variar de 600 kg/ha a 1.200 kg/ha e a quantidade de chuvas influencia a produtividade a cada ano (Lopes et al., 2022). De modo a ilustrar o quanto as produtividades obtidas no Brasil estão distantes do potencial dessa cultura, a produtividade média dos campos de sisal brasileiros nos últimos 10 anos foi de apenas 846 kg/ha, a qual é extremamente baixa em comparação à produtividade obtida, por exemplo, na China (5.240 kg/ha), Tanzânia e Quênia (2.800 kg/ha), Uganda (2.022 kg/ha) e Equador (1.356 kg/ha) (Andrade et al., 2012; FAO (2022).

Uma explicação preliminar para essa situação é que as diversas técnicas agrônômicas, as quais permitiram aumento de produtividade na maioria das outras culturas agrícolas, não estão sendo empregadas no cultivo de sisal. O emprego

da ciência buscando desenvolver tecnologias para aumento de produtividade agrícola foi o pilar para o bem-sucedido desenvolvimento de diversas culturas agrícolas no Brasil, como frutas, algodão, café, milho e soja, entre muitas outras (Barros; Navarro, 2022; Telhado; Capdeville, 2021). O sisal poderá seguir a mesma trilha dessas culturas agrícolas e expandir a sua produção.

Os principais fatores que contribuem para as baixas produtividades são discutidos a seguir.

A maior parte dos campos de sisal foi plantada há muitos anos sem ter sido adequadamente renovada (Dellaert, 2014). As plantas que morrem não são replantadas, deixando o campo com falhas e em alguns casos são repostas com plantas velhas ao lado das novas, dessa forma a desuniformidade na idade das plantas dificulta o manejo e aumenta a incidência de doenças. Outra forma de renovação do plantio que tem sido adotada é simplesmente permitir que os perfilhos – brotações naturais da planta, também chamados filhotes ou rebentos – cresçam para repor as plantas mortas, o que é um método ineficiente e inadequado, pois essas plantas já iniciam seu desenvolvimento com baixo desempenho. Outra razão para a ineficiência é que os perfilhos crescem fora da linha de plantio e o desalinhamento da lavoura dificulta o trânsito de máquinas e pessoas e encarece o manejo. Há muitos campos de sisal abandonados que foram cobertos por mato e vegetação nativa, mas que mesmo assim continuam sendo explorados (Figura 2). Essas lavouras têm produtividade ainda mais baixa e sua colheita exige mais mão de obra por causa da dificuldade de acesso às plantas e circulação dos colhedores.

O plantio, ou reposição de plantas mortas na lavoura, quando ocorre, é feito com mudas de baixa qualidade, sem origem genética conhecida, desuniformes, mal nutridas e sem controle de sanidade. Por isso, plantas originadas dessas mudas têm baixo potencial produtivo, menor tolerância à seca e são mais susceptíveis a doenças (Andrade et al., 2012; Marone et al., 2020). Raramente as lavouras de sisal são fertilizadas de forma adequada, com grande parte dos campos de sisal estando há décadas extraindo nutrientes do solo, sem uma devida reposição, o que deixa os solos quimicamente pobres. Eventualmente, os resíduos do desfibramento são deixados no local de desfibramento ou espalhados nas proximidades. Essa prática ajuda na fertilidade, porém se mostra insuficiente para prover todos os nutrientes e é desuniforme porque não alcança toda a lavoura. A nutrição inadequada das lavouras de sisal tem sido uma causa importante da baixa produtividade.

Foto: Manoel Francisco de Sousa



Figura 2. Exemplo de um campo de sisal em Barra de Santa Rosa, PB, com manejo agrônômico deficiente e baixa produtividade no qual há alta incidência de plantas daninhas, inclusive plantas lenhosas, e grande parte de plantas pendoadas.

O sisal é plantado com um espaçamento muito largo entre as plantas e isso favorece o crescimento de mato, o qual, por sua vez, reduz a produtividade da lavoura e encarece o controle das plantas daninhas. Eventualmente, esse espaço é aproveitado para culturas anuais ou pastagem natural, mas também é muito frequente que o problema ocorra devido ao controle ineficiente do mato.

Outra razão para o alto custo de produção é que a colheita de sisal não ocorre durante todo o ano porque as folhas murcham quando o solo está muito seco e o desfibramento perde eficiência. Essa interrupção reduz a eficiência de uso dos equipamentos e da mão de obra.

Por fim, a planta de sisal é bem resistente à seca e ao calor do Semiárido brasileiro por ser originária de um deserto e possuir muitos mecanismos de tolerância ao estresse (Raya et al., 2021). Essa resistência à seca propicia

que a planta sobreviva à seca severa, mas não significa que a planta consiga produzir sem água. Um estudo correlacionando a produtividade de sisal com a quantidade de chuvas em duas regiões de produção no estado da Bahia comprovou que a produtividade é proporcional à quantidade de água disponível no ano anterior (Lopes et al., 2022). O sisal precisaria receber manejo agrônômico adequado para que pudesse aproveitar com maior eficiência as chuvas erráticas que ocorrem no Semiárido, pois, mesmo em um ambiente com poucas chuvas, uma lavoura terá maior produtividade se estiver vigorosa, com solos bem conservados, sem falhas de estande, com plantas bem nutridas e livres de doenças. Plantas depauperadas também perdem resistência à seca e ficam susceptíveis a doenças (Duarte et al., 2018; Yulianti, 2021). Por essa razão, muitas plantas morrem no período seco e causam prejuízo ao produtor que precisa repor as plantas mortas ou ter a produtividade da lavoura reduzida a cada ano pelas falhas no estande.

Alta dependência de mão de obra braçal

Uma das principais limitações da produção de sisal está no alto custo e na escassez de mão de obra para todas as atividades agrícolas, de processamento e industrialização. A mão de obra representa cerca de 82% do custo total de produção do sisal (Alves et al., 2005; Dellaert, 2014). A etapa de maior demanda de mão de obra é o corte, transporte e desfibramento das folhas. As ações manuais são descritas a seguir com detalhes porque elas se somam à ineficiência e ao alto custo do processo de colheita e processamento do sisal.

O corte da folha de sisal é feito manualmente em lavouras frequentemente desorganizadas, sem alinhamento, em touceiras de difícil acesso e com muitas falhas de estande (Figura 3). Dessa forma, o trabalho se torna muito desgastante devido ao calor, causando alto risco de acidentes, principalmente de lesões com os espinhos na ponta da folha e de ataque de animais peçonhentos (Alves et al., 2005). Depois de cortadas, as folhas são empilhadas no chão próximo ao ponto de corte – também se gasta tempo relevante nessa ação. Posteriormente, as pilhas de folhas são carregadas manualmente no lombo de jumentos (Figura 4) e transportadas até a máquina de desfibramento que geralmente fica num raio de um km do local de colheita (Andrade et al., 2012). Chegando a esse ponto, as folhas são novamente descarregadas no chão para aguardar o desfibramento.

Foto: Liv Soares Severino



Figura 3. Corte manual e empilhamento das folhas de sisal.

Foto: Liv Soares Severino



Figura 4. Transporte das folhas da lavoura para o local de desfibramento, feito pelo cambiteiro, em lombo de jumento, com carregamento e descarregamento manual.

As folhas são novamente levadas manualmente para serem desfibradas, sendo inseridas manualmente no equipamento de desfibramento (chamado pelo modelo predominante: “motor paraibano”). Essa é uma etapa muito penosa devido ao constante esforço físico, ruído alto do motor e do contato da folha com a lâmina desfibradora, além da exigência de concentração constante e do risco de acidente. Nessa operação, há a exigência de pelo menos duas pessoas, sendo uma para introduzir as folhas no equipamento e outra dando suporte — trazendo as folhas, recolhendo e retirando o resíduo e amarrando a fibra extraída (Marone et al., 2020). Em seguida, as fibras ainda úmidas são empilhadas para posterior pesagem e transporte para um local de secagem. O resíduo do desfibramento é retirado também manualmente e espalhado nas proximidades do local para servir como adubo orgânico ou eventualmente aproveitado como alimento animal. Como será discutido adiante, esse resíduo contém três coprodutos que correspondem a 96% do peso das folhas e que poderiam ter valor agregado, no entanto estão sendo desperdiçados ou subaproveitados.

As fibras precisam ser secadas logo após o processo de desfibramento. Nessa etapa, poderia haver uma agregação de valor considerável se o material pudesse ser lavado a fim de retirar impurezas e se obter fibras mais limpas e claras, com maior valor de mercado. No entanto, essa prática tem sido raramente adotada por dificuldade no acesso à água e alto custo operacional. No processo predominante, as fibras são expostas ao sol para secagem em varais de arame (Figura 5). Ocorrem também situações em que a fibra é espalhada no chão, devido ao custo de construção dos varais de secagem, o que reduz ainda mais a qualidade da fibra. O processo de secagem também utiliza mão de obra para espalhar a fibra, revirá-la algumas vezes ao dia e amarrar as medas — que é um agrupamento de feixes da fibra — quando o sisal está seco.

Foto: Liv Soares Severino



Figura 5. Processo de secagem da fibra do sisal exposta ao solo em varais de arame.

Após a secagem, a fibra de sisal já amarrada em medas é transportada para um armazém e acumulada em grandes pilhas (Figura 6). Posteriormente é transportada em caminhão para a próxima etapa de industrialização (chamado de batimento), que comumente ocorre em local com estrutura de galpão, batedeiras e prensa, havendo custo para carregamento, transporte e descarregamento.

Foto: Liv Soares Severino



Figura 6. Pilhas de sisal seco e pronto para ser transportado para a operação de batimento e classificação.

Na etapa seguinte, o produto passa pelo batimento, no qual a fibra é submetida a um processo mecânico para extrair resíduos da folha aderidos à fibra e separar as fibras curtas. Essa operação também exige muita mão de obra devido à baixa automatização nas atividades de desmanchar os feixes que chegam do campo, inseri-los no rotor e amarrá-los novamente como fibras limpas e selecionadas por comprimento. O emprego de grande número de pessoas executando trabalhos manuais nessa etapa do processamento também tem se mostrado um componente de ineficiência de produção com impacto significativo no custo final do sisal. A limpeza realizada nessa etapa também retira uma significativa quantidade de fibras médias, as quais encontram usos industriais. Também é gerado um resíduo composto de fibras muito curtas ou de fragmentos, formando um pó, o qual pode ser utilizado para alimentação de animais ruminantes e pode ter ainda outras destinações de valor econômico, como o cultivo de cogumelos comestíveis e outros macrofungos (Carmo et al., 2021).

A fibra longa é prensada mecanicamente em fardos de 100 kg a 150 kg, e os fardos são transportados para a indústria de fiação. As etapas de industrialização posteriores não são discutidas neste documento por se distanciarem do seu escopo, que inclui apenas a produção agrícola de sisal e seu processamento inicial.

Deficiência no controle de qualidade

A qualidade da fibra de sisal ainda é tratada de forma incipiente. A portaria nº 71/1983 do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) estipula os critérios para classificação de acordo com o comprimento e com base em outras características de avaliação subjetiva como qualidade da lavagem e batimento, escovação, cor, brilho, fibras embaraçadas e presença de impurezas, entre outras. Na comercialização cotidiana, o principal critério de qualidade exigido tem sido o teor de umidade, buscando-se que a fibra sempre possua menos de 13,5% de umidade, pois a alta umidade prejudica a aparência e resistência da fibra (Andrade et al., 2012; Dellaert, 2014). Os demais critérios de qualidade são tratados de forma subjetiva e imprecisa entre compradores e vendedores. Não é comum a medição com instrumentos padronizados de qualquer dessas características para orientar as transações comerciais. Há pouco conhecimento objetivo sobre os fatores agrônômicos e industriais que influenciam a qualidade da fibra de sisal e, por falta de controle de qualidade, os fardos misturam fibras de qualidade muito desuniforme. Dessa forma, não há estímulo para os produtores investirem na produção agrícola e no processamento, a fim de obter uma fibra de maior qualidade, nem para a indústria bonificar o produto de qualidade superior. Por todas essas contingências, a deficiência no controle da qualidade reduz a eficiência de toda a cadeia produtiva.

Desperdício de coprodutos do sisal

O baixo aproveitamento dos coprodutos do sisal é uma consequência do desfibramento itinerante e da carência de tecnologias específicas (Andrade et al., 2012). A fibra é o principal produto comercial, mas corresponde a somente 4% do peso da folha de sisal. Entre os coprodutos, a mucilagem corresponde a 15%, o suco a 80% e as fibras curtas (também chamada de bucha) compõem 1% dos resíduos (Alves et al., 2005). Após o desfibramento, os três componentes do resíduo precisam ser imediatamente separados para ter valor agregado e, para isso, precisam de uma estrutura mínima de equipamentos e uma destinação específica para que sejam aproveitados com maior valor econômico.

O suco do sisal se constitui de um líquido com alto teor de açúcares, que também contém substâncias químicas de interesse industrial, tais como saponina, tanino e flavonoides (Andrade et al., 2012; Shahzad et al., 2022). Esse

líquido começa a fermentar imediatamente após o desfibramento e por isso precisa ser rapidamente extraído (por prensagem) e submetido a processos químicos de estabilização e extração dos componentes de interesse. Essa operação, por sua vez, exige recursos e equipamentos que dificilmente podem ser providenciados na estrutura de desfibramento itinerante. A logística de armazenamento e transporte desse extrato para uma central de processamento é inviável, porque ele contém muita água e o seu peso inviabiliza o custo de transporte. A conservação exigiria refrigeração ou o uso de produtos químicos de alto custo. A composição química do suco de sisal também é influenciada pelo ambiente e manejo agrônômico (Shahzad et al., 2022) e seu aproveitamento deveria incluir maior conhecimento técnico sobre a otimização da quantidade e qualidade dos produtos a serem extraídos.

Após a prensagem para extração do suco, restam a mucilagem e a bucha (fibras muito curtas), as quais podem ser separadas por um processamento simples de peneiramento. Com essa finalidade, a Embrapa desenvolveu uma peneira rotativa (Figura 7), funcional e de baixo custo. No entanto, esse equipamento tem sido pouco utilizado porque o valor agregado ainda é muito

Foto: Wirlton Macêdo Coutinho



Figura 7. Peneira rotativa desenvolvida pela Embrapa para separação da bucha e mucilagem de sisal.

baixo e, em contrapartida, a peneira rotativa seria mais um equipamento para ser transportado para o local de desfibramento e exigiria mais mão de obra para as operações manuais de carregamento, rotação e destinação específica para cada um dos dois coprodutos obtidos. Essa agregação de valor seria viável em uma unidade de extração estacionária, em que as operações pudessem ser mecanizadas a baixo custo.

A mucilagem de sisal é um excelente alimento para ruminantes. É comum que animais pastejando nas proximidades do local de desfibramento se alimentem diretamente das pilhas de mucilagem de sisal. No entanto, a agregação de valor para esse produto depende de sua conservação (fenação ou silagem), para possibilitar o armazenamento e transporte para os locais de consumo e comercialização. O teor de umidade da mucilagem após a separação da bucha ainda é muito alto para que ela possa ser simplesmente armazenada sem processamento adicional.

As fibras curtas precisam ser separadas da mucilagem porque, se ingeridas, causam obstrução do trato digestivo (timpanismo) nos animais (Nascimento et al., 2016). Depois de separada da mucilagem, a bucha também precisa ser secada ao sol. Essas fibras curtas têm a mesma composição química das fibras longas (basicamente celulose), mas não podem ser destinadas para o principal uso do sisal, que é a fabricação de fios. No entanto, poderiam ser bem aproveitadas com maior valor agregado em muitos outros materiais, como compósitos, preenchimento, fibrocimento, entre outros (Souza Filho et al., 2020; Guizzardi et al., 2022).

Cadeia produtiva desestruturada

A cadeia produtiva do sisal envolve muitos elos de processamento e grande número de atores. A maior pulverização ocorre na fase de produção agrícola. Estima-se a existência de 40 mil produtores, cerca de mil unidades itinerantes de desfibramento e 80 unidades primárias (batedeiras) para limpeza e seleção da fibra. Atualmente, seis empresas brasileiras trabalham com a exportação de sisal e há também 12 empresas produtoras de manufaturados. Há predominância de áreas pequenas, na faixa de 5 ha a 100 ha (a maior parte menor que 10 ha) e algumas poucas lavouras de grande extensão, maiores que mil hectares (Broeren et al., 2017; Silva, 2016).

Existem muitos diferentes arranjos para a produção e processamento de sisal. Um pequeno número de produtores executa todas as etapas do processo produtivo, que inclui o cultivo da lavoura, a colheita, o desfibramento e a venda da fibra. Muitos produtores possuem campos de sisal, mas não operam diretamente a sua colheita e desfibramento, terceirizando esse processo para uma pessoa que possui o desfibrador e contrata a equipe para conduzir os trabalhos. Nesse caso, o proprietário da lavoura negocia o seu pagamento como um percentual do peso de fibra obtido. Em geral, o dono do campo de sisal recebe 45% da fibra e o dono do motor recebe 55% da fibra e assume os custos da mão de obra da equipe que opera a colheita e desfibramento (Marone et al., 2020). Existe muita informalidade nos negócios (Alves et al., 2005) e irregularidades nas relações trabalhistas entre esses atores, o que é um dos grandes riscos da cadeia produtiva de sisal e mais uma limitação para a expansão da produção, especialmente para atender a mercados mais exigentes, os quais têm exigido padrões elevados de certificação social e ambiental do produto. É impensável o crescimento sustentável da produção de sisal se sua cadeia produtiva apresentar passivos ambientais e sociais.

Entre o desfibramento e a entrega à indústria de fiação, o sisal passa por muitas intermediações. Devido à alta fragmentação, poucos produtores conseguem vender a fibra diretamente para a indústria de fiação (Silva, 2016). Atualmente, nessa região, predomina a venda para atravessadores locais que coletam o produto em pequenas quantidades e proveem pagamento antecipado para financiar a operação ou logo após a entrega do produto. No atual cenário de produção pulverizada, desestruturada e com limitado acesso a financiamento bancário, essa rede de atravessadores é indispensável para o funcionamento da cadeia produtiva de sisal. Porém, a presença de atravessadores é também um forte indício de ineficiência dessa cadeia (Silva, 2016). Embora a cadeia produtiva do sisal empregue grande número de trabalhadores, os ganhos sociais para a região onde ocorre são relativamente baixos por causa de sua baixa produtividade econômica (Alves et al., 2005).

Os produtores ou atravessadores entregam a fibra em uma das unidades de batimento espalhadas pelas principais regiões produtoras para receber o produto. Essas unidades já possuem maior escala de produção e, por isso, conseguem negociar o sisal diretamente com a indústria de fiação.

Visão de futuro para o sisal: soluções

Assim como ocorreu em muitas outras culturas agrícolas que passaram por um processo de modernização (Telhado; Capdeville, 2021), a produção de sisal no Semiárido brasileiro pode aumentar substancialmente com a implementação de um plano coordenado de desenvolvimento de tecnologias e com a organização da sua cadeia produtiva. A história da agricultura brasileira possui muitos exemplos de culturas que apresentavam baixa produtividade e ineficiência, como atualmente se encontra o sisal, mas que lograram superar os desafios para crescer com boa rentabilidade e viabilidade financeira (Barros; Navarro, 2022).

Um ponto em comum na história das culturas que conseguiram entrar em rota de crescimento é o aumento de produtividade, a partir do qual os elos da cadeia produtiva conseguem se capitalizar e obter excedentes financeiros com os quais podem investir em tecnologias, insumos, ciência e organização do processo produtivo. Com aumentos de produtividade é possível iniciar um ciclo virtuoso de crescimento (Telhado, Capdeville, 2021).

O sisal se adaptou bem ao clima semiárido, caracterizado principalmente por baixa pluviosidade e chuvas irregulares, há mercado mundial crescente para fibras naturais e seus coprodutos possuem valor em atividades econômicas de grande importância, como a pecuária e a indústria. O crescimento da produção de sisal potencializaria o benefício econômico e social para a região semiárida.

A modernização da produção de sisal no Brasil depende do desenvolvimento de tecnologias agrícolas e industriais e do apoio das instituições para a organização da cadeia produtiva, suporte regulatório e financiamento bancário. A seguir algumas tecnologias com potencial para impactar a viabilidade da produção de sisal no Brasil são apresentadas. Destaca-se que essa lista não tem a pretensão de ser completa, mas apenas se constitui em uma proposta inicial para estimular a discussão entre os atores da cadeia produtiva do sisal.

Colhedora mecanizada de sisal

Um dos principais desafios tecnológicos para a modernização da cultura do sisal é o desenvolvimento de um equipamento para colheita mecanizada das

folhas. O custo da mão de obra para a operação de colheita é o principal fator limitante do sistema de produção. Porém, além do alto custo, deve-se considerar que grande parte do trabalho de colheita e processamento é degradante, sendo feito sob ruído e calor excessivos, esforço intenso e repetitivo, alta concentração de poeira e risco de acidentes (Alves et al., 2005). O crescimento da produção de sisal não será sustentável enquanto for baseada em condições de trabalho inadequadas, pois a tendência mundial é de melhoria das condições de segurança e conforto no trabalho. Há crescente rejeição dos consumidores a processos produtivos que imponham condições degradantes aos seus trabalhadores.

Quando as folhas de sisal são cortadas manualmente, as demais operações – transporte, desfibramento, aproveitamento de coprodutos – também precisam ser feitas por métodos ineficientes. Ou seja, se as folhas de sisal forem colhidas de forma mecanizada, também será facilitada a logística para o transporte e desfibramento, aumentando a eficiência de todo o sistema. Além disso, a colheita mecanizada também pode contribuir para a superação da sazonalidade da produção que ocorre em razão da impossibilidade de fazer o desfibramento quando as folhas estão murchas (na época mais seca do ano). Considera-se factível desenvolver tecnologias para permitir que a colheita e operação de desfibramento ocorram continuamente ao longo do ano. Tal tecnologia aumentaria a eficiência do uso dos recursos (mão de obra, equipamentos e infraestrutura) e reduziria a sazonalidade da produção de fibras.

No momento, não há nenhum modelo de máquina para colheita de sisal que possa ser utilizado como referência ou protótipo. Mesmo assim, acredita-se na possibilidade de desenvolver uma colhedora para sisal, inspirando-se nos numerosos exemplos de outras espécies agrícolas para as quais foram desenvolvidos equipamentos de colheita. Uma colhedora nesses moldes será a tecnologia mais impactante na mudança almejada para a produção de sisal do Brasil.

Há grandes desafios ao funcionamento adequado de uma máquina para colheita de sisal. As folhas precisam ser colhidas sem destruir a planta, o ponto de corte da folha precisa ser muito próximo ao caule para não encurtar a fibra e algumas folhas precisam ser preservadas para que a planta sobreviva e reestabeleça o seu crescimento. Após a colheita mecanizada, é preciso que a logística de transporte das folhas viabilize sua destinação para uma central de processamento em larga escala que disponha dos recursos para processamento de baixo custo e aproveitamento dos coprodutos.

Seleção de clones e variedades de sisal

Os plantios de sisal têm sido feitos com plantas sem seleção genética ou controle de qualidade do material de origem. Assim como em qualquer cultura agrícola, existe muita diferença entre as plantas quanto ao potencial produtivo, às características da fibra, resistência à seca e a doenças, além de vários outros aspectos de interesse agrônomo e industrial. Embora alguns materiais sejam identificados pelos produtores por suas características, as plantas que vêm sendo multiplicadas há muitos anos já perderam sua pureza genética e precisam passar por nova seleção.

Para dispor de material de qualidade genética, precisarão ser selecionados clones ou variedades de sisal com características agrônomicas, buscando aumento da produtividade e redução dos custos de produção. Existe variabilidade genética entre as plantas de sisal cultivadas no Brasil e há grande potencial de aumento do desempenho agrônomo com a seleção das plantas mais adaptadas (Santos et al., 2015; Suinaga et al., 2007). Características dos coprodutos também devem ser levadas em consideração, pois esses clones precisarão ser multiplicados em larga escala.

Produção de mudas de boa qualidade

A propagação por mudas é uma técnica de alto retorno que consegue prover a planta com condições ótimas de nutrição, água e sanidade, além da possibilidade de escolha somente das melhores plantas e da uniformidade do tamanho e características das plantas. O plantio de mudas de qualidade possibilita crescimento rápido, tolerância à seca e a doenças (Yulianti, 2021), melhor aproveitamento das chuvas, facilidade de manejo (uniformidade) e maior qualidade dos produtos. A propagação por mudas também possibilita que as plantas tenham o crescimento inicial em condições ótimas no viveiro e ainda permite o planejamento para que as mudas sejam levadas ao campo no momento adequado (na estação chuvosa). Desse modo, as plantas poderão continuar seu crescimento em condições favoráveis.

No cenário atual, os plantios de sisal são predominantemente feitos com mudas de baixa qualidade, retiradas diretamente dos rebentos que nascem ao lado das plantas ou a partir de bulbilhos, com mínima ou nenhuma seleção das plantas de origem e sem empregos dos insumos que proporcionam a qualida-

de da muda. Mas, na Tanzânia, por exemplo, o plantio de sisal é feito predominantemente por mudas produzidas a partir de bulbilhos e cultivadas em viveiros por cerca de dois anos antes de serem transplantadas (Broeren et al., 2017).

A tecnologia para produção de mudas de sisal ainda precisa ser desenvolvida no Brasil, com a definição do material de origem (bulbilhos, perfilhos ou cultivo de tecido), dos substratos apropriados, escolha da tecnologia de contenção (tubetes, bolsas ou diretamente no solo), manejo da irrigação, nutrição, controle sanitário para eliminar mudas contaminadas e definição da idade ótima para transplântio. Como ocorre na maioria das culturas propagadas por essa tecnologia, a produção de mudas de sisal precisa ser uma atividade especializada, a ser conduzida por viveiristas bem estruturados e capacitados e com produção planejada com a antecedência necessária para prover as mudas no momento ideal de plantio.

Um método muito promissor para multiplicação de sisal é o cultivo de tecidos, o qual permite a produção de mudas em qualquer época do ano, em larga escala, uniformes e livres de doenças (Figura 8). A técnica de multiplicação de sisal *in vitro* já é bem conhecida (Carvalho et al., 2007) e precisaria apenas

Foto: Alexandre Magno de Oliveira



Figura 8. Plântulas de sisal multiplicadas por cultivo de tecido.

ser otimizada e implantada em escala comercial. O custo e as vantagens do cultivo de tecidos ainda precisam ser comparados com os métodos de multiplicação tradicionais por rebentos e bulbilhos. O plantio das lavouras por mudas também é um requisito para que a colheita mecanizada se viabilize, pois o processo mecanizado exige uma lavoura com linhas bem definidas e plantas uniformes quanto a idade, tamanho das folhas e arquitetura.

Plantio mecanizado de mudas

A modernização da cultura do sisal também exige a mecanização da operação de plantio das mudas. Essa tecnologia contribuirá para reduzir o uso de mão de obra e os custos de implantação da lavoura. Já existem diversas máquinas em uso para plantio de mudas de espécies similares ao sisal, como o abacaxi, e de mudas de café em tubetes. A redução do custo para implantação das lavouras de sisal é fundamental para viabilizar a renovação daqueles campos que estão depauperados e com baixa produtividade.

Manejo agrônômico das lavouras de sisal

Diversas técnicas de manejo agrônômico precisam ser ajustadas e empregadas no sistema de produção de sisal. A densidade de plantio – distância entre as linhas e entre as plantas na linha – precisa ser ajustada, buscando otimizar a produtividade, sem comprometer o comprimento da folha e permitir a circulação de pessoas e máquinas entre as plantas para as operações de manejo. O manejo da adubação orgânica e mineral é uma prática fundamental para obtenção de produtividade e qualidade da fibra, no entanto raramente adotado nos atuais plantios de sisal. As recomendações de fertilização de lavouras de sisal precisam ser otimizadas por meio de experimentação agrícola.

Os solos do Semiárido são muito frágeis e muitas lavouras de sisal estão com solos degradados por décadas de manejo inadequado (Jesus et al., 2022). O manejo das lavouras de sisal precisa incluir técnicas de conservação de solo que previnam a erosão, mantenham o solo constantemente coberto e com alto teor de matéria orgânica. Esses cuidados evitam a degradação do solo e a manutenção de sua fertilidade.

Uma queixa muito frequente entre os produtores de sisal tem sido a morte de plantas pela doença chamada podridão-vermelha, causada pelo fungo *Aspergillus welwitschiae* (Duarte et al., 2018). Supostamente, esse fungo está presente em todas as lavouras de sisal, mas a doença só se torna grave quando as plantas estão com baixo vigor e ocorre falta de renovação dos plantios, pois as plantas doentes e já mortas pela doença são mantidas dentro da lavoura. É provável que a melhoria da condição geral das lavouras de sisal minimize a ocorrência de podridão-vermelha e recomendações de manejo precisarão ser desenvolvidas somente nos casos excepcionais em que a doença provoque danos significativos.

Será preciso desenvolver técnicas para manejar os rebentos que são produzidos continuamente. Os rebentos drenam as reservas e competem com a planta-mãe, além de deixar a lavoura desalinhada ou com população de plantas inadequada. O manejo dos rebentos precisa ser feito sem o emprego intensivo de mão de obra.

A fim de viabilizar um sistema de cultivo de sisal com colheita mecanizada, também será necessário desenvolver técnicas para manejo de plantas daninhas, pois a competição com o mato reduz a produtividade da lavoura de sisal e dificulta a circulação de máquinas e pessoas. O manejo deve incluir a combinação de métodos de destruição mecânica do mato com o uso de herbicidas e incluir a supressão, utilizando plantas forrageiras ou culturas anuais entre as linhas.

Integração com a pecuária

A produção de sisal e a pecuária são duas atividades econômicas que se complementam com enorme potencial para o Semiárido brasileiro. A principal limitação para a produção animal em ambiente árido é a produção de forragem, e o sisal é uma fonte importante de forragem que poderia ser explorado com mais eficiência.

A integração pecuária-sisal pode ocorrer por meio do pastejo direto dos animais nas entrelinhas do sisal ou pelo aproveitamento da mucilagem conservada para alimentação de animais em confinamento. Essas opções não são excludentes, mas ambas ainda precisam ser otimizadas por meio de pesquisas científicas e desenvolvimento de tecnologias específicas.

Conservação da mucilagem

A mucilagem é um coproduto de excelente composição nutricional, mas que é produzido com alto teor de umidade e distante do local de consumo. Desse modo, esse coproduto precisa ser conservado e transportado para que alcance o seu potencial de prover forragem para a pecuária em larga escala.

Duas técnicas de conservação apresentam grande potencial para conservação da mucilagem: a silagem e a fenação. A silagem consiste em uma fermentação controlada, com a adição de alguns ingredientes que ajustem as suas características químicas e equilibrem a sua composição nutricional. O produto também precisa ser compactado e acondicionado na ausência de oxigênio para que ocorra a fermentação. A tecnologia para silagem de sisal já está parcialmente desenvolvida, mas precisa ser adaptada e validada para produção em ambiente operacional (Sousa, 2019). A técnica de fenação consiste na secagem natural do material exposto ao sol. Embora seja mais simples, essa técnica depende de área extensa para secagem, exige mais mão de obra e, por isso, parece ser inviável em larga escala.

Aproveitamento do suco

Uma outra etapa a ser cumprida será o desenvolvimento de tecnologias para aproveitamento do líquido extraído das folhas de sisal. Uma estrutura de processamento centralizada facilitaria a coleta e processamento desse produto, permitindo alcançar escala de produção que justifique o uso de equipamentos, reagentes químicos e processos específicos. O desfibramento do sisal na Tanzânia, o segundo maior produtor mundial, é centralizado em unidades estacionárias, mas os coprodutos ainda não estão sendo adequadamente aproveitados, sendo na maioria dos casos descartados sem tratamento (Broeren et al., 2017).

Será necessário conhecer com maior profundidade quais substâncias estão presentes e quais seus usos na indústria química, visando desenvolver processos específicos para sua purificação e uso (Raya et al., 2021; Shahzad et al., 2022). O alto teor de açúcares faz supor que a fermentação do suco para obtenção de energia é uma das opções óbvias a serem desenvolvidas. A produção de biogás e seu uso para gerar eletricidade tem a vantagem de evitar que o suco seja desti-

nado de forma inadequada e produza metano, que é um importante gás de efeito estufa (Broeren et al., 2017). Porém, existem outras substâncias químicas com potencial para alcançar maior valor agregado que o uso para bioenergia.

Tecnologia para controle de qualidade da fibra de sisal

A subjetividade no controle de qualidade da fibra de sisal é muito prejudicial para o funcionamento eficiente dessa cadeia produtiva. Para ilustrar com um exemplo oposto, a medição da qualidade da fibra de algodão alcançou um nível técnico muito elevado e o mesmo sistema é empregado em todos os países produtores e pela indústria têxtil (Frydrch; Thibodeaux, 2010). O sistema de controle da qualidade que foi implementado no algodão possibilita sua melhoria contínua e traz benefícios para toda a cadeia produtiva, pois favorece a melhor remuneração dos produtores que ofertam fibra com qualidade superior, oferece maior segurança para as trocas comerciais entre os agentes, aumenta a confiança dos compradores e, por fim, melhora a qualidade e o custo dos produtos para os consumidores. A medição precisa e padronizada da qualidade da fibra de algodão é uma condição básica para que a indústria têxtil mundial tenha alto desempenho. Da mesma forma, melhorias nos métodos de medição e padronização da qualidade da fibra de sisal se refletirão em maior desenvolvimento de toda sua cadeia produtiva.

Considerações finais

A cultura do sisal tem grande importância para a geração de emprego e renda no Semiárido brasileiro, mas seu potencial é muito maior que a situação atual.

Este documento chama a atenção para as principais ineficiências da produção de sisal no Brasil e propõe uma série de tecnologias que precisam ser desenvolvidas por meio de experimentação para tornar o sisal um produto competitivo entre as fibras naturais mundiais e aumentar sua importância econômica e social.

O alcance desse objetivo depende da coordenação e engajamento dos atores públicos e privados, com visão de longo prazo, contando com investimentos adequados e continuados ao longo do tempo. Este plano também depende essencialmente da articulação entre os diversos atores da cadeia

produtiva de sisal, incluindo instituições governamentais, organizações dos produtores e de cada fase da indústria, instituições de ciência e tecnologia, bancos, órgãos reguladores e fiscalizadores e das diversas instituições que fazem a organização e o funcionamento das cadeias produtivas.

O sucesso da cadeia produtiva do sisal ocorrerá se todos acreditarem que é possível desenvolver um modelo de produção viável e sustentável e juntar forças para construção desse novo modelo.

Referências

ALVES, M. O.; SANTIAGO, E. G.; LIMA, A. R. M. **Diagnóstico socioeconômico do setor sisaleiro do Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2005. 90 p. (BNB. Documentos do ETENE, 4).

ANDRADE, R.; ORNELAS, J.; BRANDÃO, W. **Situação atual do sisal na Bahia e suas novas possibilidades de utilização e aproveitamento**. Salvador: SEAGRI, 2012. p. 14-19. (Comunicação SEAGRI). Disponível em: http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/3_comunicacao01v9n1.pdf. Acesso em: 11 dez. 2022.

BARROS, G. S. C.; NAVARRO, Z. (org.). **O Brasil rural contemporâneo: interpretações**. São Paulo: Baraúna, 2022. 385 p.

BROEREN, M. L. M.; DELLAERT, S. N. C.; COK, B.; PATEL, M. K.; WORREL, E.; SHEN, L. Life cycle assessment of sisal fibre – Exploring how local practices can influence environmental performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 818-827, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.073.

CARMO, C. O.; SILVA, R. M.; RODRIGUES, M. S.; SOARES, A. C. F. Bioconversion of sisal agro-industrial waste into high protein oyster mushrooms. **Bioresource Technology Reports**, v. 14, p. 100657, 2021. DOI: 10.1016/j.biteb.2021.100657.

CARVALHO, J. M. F. C.; PINHEIRO, M. P. N.; SILVA, D. M. S. **Otimização da multiplicação de bulbo de sisal in vitro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 3 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica 107). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/199011/CIRTEC107.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2022.

DELLAERT, S. N. C. **Sustainability assessment of the production of sisal fiber in Brazil.**

2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável: Energia e Recursos)

- Faculdade de Geociências, Universidade Utrecht, Holanda. Disponível em: [https://](https://studenttheses.uu.nl/)

studenttheses.uu.nl/. Acesso em: 24 mar. 2023.

DUARTE, E. A. A.; DAMASCENO, C. L.; OLIVEIRA, T. A. S.; BARBOSA, L. O.; MARTIS, F. M.; SILVA, J. R. Q.; LIMA, T. E. F.; SILVA, R. M.; KATO, R. B.; BORTOLINI, D. E.; AZEVEDO, V. GÓES-NETO, A.; SOARES, A. C. F. Putting the mess in order: *Aspergillus welwitschiae* (and not *A. niger*) is the etiological agent of sisal bole rot disease in Brazil. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 1227, 2018. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01227.

FAO. **FAOSTAT**. Rome, [2022]. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 24 dez. 2022.

FRYDRCH, I.; THIBODEAUX, D. P. Fiber Quality Evaluation - Current and Future Trends/
Intrinsic Value of Fiber Quality in Cotton. In: WAKELYN, P. J.; CHAUDHRY, M. R. (ed.).

Cotton: Technology for the 21st Century. 1st ed. Washington: International Cotton Advisory Committee, 2010. p. 251-295.

GUIZZARDI, G. Z.; MACHADO, M. S.; MICHELON, W.; VANIN, D. V. F. On the mechanical behaviour of natural sisal fibre reinforced cement paste. **Proceedings of Institution of Civil Engineers: Construction Materials**, 2022. DOI: 10.1680/jcoma.21.00007.

JESUS, D. S.; VELLAME, L. M.; SILVA, A. J. P., ARAÚJO, J. C. Soil pedestal dating in the degraded Salitre River basin in the northeast of Bahia, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 118, p. 103978, 2022. DOI: 10.1016/j.jsames.2022.103978. 10.1016/j.jsames.2022.103978.

LOPES, I.; CARVALHO, A. A.; GUIMARÃES, M. J. M.; MELO, J. M. M.; ALFARO, M. D. M.; LEAL, B. G. Rainfall profiles and sisal productivity for Bahia mesoregions, Brazil. **Dyna**, v. 89, p. 35-42, 2022. DOI: 10.15446/dyna.v89n220.94395.

MARONE, M. P.; RAYA, F. T.; MAGALHÃES, E. C. D.; SOARES, A. C. F.; CARAZZOLLE, M. F.; PEREIRA, G. A. G. Sisal: de um passado rústico para um futuro brilhante. In: SANTOS, C. C. **O semiárido brasileiro e suas especificidades 2**. cap. 5, p. 40-57. Ponta Grossa: Atena, 2020. DOI: 10.22533/at.ed.7042027055.

NASCIMENTO, E. M.; MEDEIROS, R. M. T.; SIMÕES, S. V. D.; RIET-CORREA, F. Compactação ruminal e obstrução intestinal em bovinos, associadas ao consumo de Agave sisalana Perrine. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, p. 719-723, 2016. DOI: 10.1590/S0100-736X2016000800007.

RAYA, F. T.; MARONE, M. P.; CARVALHO, L. M.; RABELO, S. C.; PAULA, M. S.; CAMPANARI, M. F. Z.; FRESCHI, L.; MAYER, J. L. S.; SILVA, O. R. R. F.; MIECZKOWSKI, P.; CARAZZOLLE, M. F.; PEREIRA, G. A. G. Extreme physiology: Biomass and transcriptional profiling of three abandoned Agave cultivars. **Industrial Crops and Products**, v. 172, p. 114043, 2021. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.114043.

SANTOS, S. L. B.; PASSOS, A. R.; QUEIROZ, S. R.; NASCIMENTO, M. N.; CARNEIRO, F. S. Genetic variability in populations of Agave sisalana Perrine detected by inter simple sequence repeats. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 1624-1633, 2015. DOI: 10.14393/BJ-v31n6a2015-26420.

SHAHZAD, S.; HUSSAIN, M.; MUNIR, H.; ARFAN, M. Proximate composition and spatio-temporal heterogeneity of phytochemicals in Agave sisalana Perrine (sisal) adapted in different agro-ecological zones of Punjab, Pakistan. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 48869-48879, 2022. DOI: 10.1007/s11356-022-19260-5.

SILVA, F. P. M. O Território do Sisal. 2016. In: ORTEGA, A. C.; PIRES, M. J. S. **As políticas territoriais rurais e a articulação governo federal e estadual - um estudo de caso da Bahia**. Brasília, DF: Ipea; 2016. 215 p.

SOUSA, M. F. **Mucilagem de sisal ensilada em dietas de cordeiros Soinga**. 2019. 100 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

SOUZA FILHO, A.; PARVEEN, S.; RANA, S.; VANDERLEI, R.; FANGUEIRO, R. Mechanical and micro-structural investigation of multi-scale cementitious composites developed using sisal fibres and microcrystalline cellulose. **Industrial Crops and Products**, v. 158, p. 112912, 2020. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112912.

SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. F. F.; COUTINHO, W. M.; CARTAXO, W. V.; COSTA, L. B. **Avaliação agrônômica de oito genótipos de sisal (Agave spp.)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 3 p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 340). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/21024/1/COMTEC340.pdf>

TELHADO, S. F. P.; CAPDEVILLE, G. (ed.). **Tecnologias Poupa-Terra**. Embrapa: Brasília, 2021. 162 p.

YULIANTI, T. The importance of soil biodiversity for sustaining the development of sisal in Sumbawa and Sumba with special reference to soil-borne pathogens. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 743, p. 012029, 2021. DOI: 10.1088/1755-1315/743/1/012029.

Embrapa

Algodão

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

CGPE 018150