



Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

AGRICULTURA, PECUÁRIA, PESCA E AQUICULTURA

dossiêtécnico

Cultivo e aproveitamento do sisal (Agave sisalana)

Edésio Rodrigues Alvarenga Júnior

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC

Julho/2012

Edição atualizada em Maio/2022





Serviço Brasileiro de **Respostas Técnicas**

dossiê técnico

Cultivo e aproveitamento do sisal (Agave sisalana)

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT fornece soluções de informação tecnológica sob medida, relacionadas aos processos produtivos das Micro e Pequenas Empresas. Ele é estruturado em rede, sendo operacionalizado por centros de pesquisa, universidades, centros de educação profissional e tecnologias industriais, bem como associações que promovam a interface entre a oferta e a demanda tecnológica. O SBRT é apoiado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI e de seus institutos: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT.



TÊCPAR



FIERGS SENAI



SENAI



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação





Dossiê Técnico	ALVARENGA JÚNIOR, Edésio Rodrigues Cultivo e aproveitamento do sisal (Agave sisalana) Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC 18/7/2012
Resumo	O sisal (Agave sisalana) é conhecido por ter a maior fonte de fibras duras do mundo. É a espécie cultivada de maior predominância; em média, cada planta é capaz de produzir anualmente entre 20 a 40 folhas, durante um ciclo vegetativo de 8 a 10 anos, com uma produção total de 180 a 250 folhas aproveitáveis sob o ponto de vista industrial. A fibra das folhas é destinada a indústria de cordoaria (para cordas, cordéis, tapetes, capachos, outros); também é excelente matéria-prima para a fabricação de celulose, papéis finos e indústria farmacêutica. Como subprodutos destacam-se acetona, alcatrão, amônia, cera, clorofila, outros. O dossiê abordará as formas de cultivo do sisal, a importância social e econômica da cultura sisaleira, aproveitamento das fibras pela poluição e indústrias da região semiárida do Brasil.
Assunto	CULTIVO DE OUTRAS PLANTAS DE LAVOURA PERMANENTE NÃO ESPECIFICADAS ANTERIORMENTE
Palavras-chave	<i>Agave sisalana; agricultura; cultivo; fibra; fibra de sisal; sisal</i>
Atualizado por:	SILVA, Ilda Ferreira Gomes (Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro)



Salvo indicação contrária, este conteúdo está licenciado sob a proteção da Licença de Atribuição 3.0 da Creative Commons. É permitida a cópia, distribuição e execução desta obra - bem como as obras derivadas criadas a partir dela - desde que criem obras não comerciais e sejam dados os créditos ao autor, com menção ao: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - <http://www.respostatecnica.org.br>

Para os termos desta licença, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>

1 INTRODUÇÃO	3
2 SISAL	3
2.1 Aspectos gerais	3
2.2 Climas e solos	4
3 CULTIVARES	4
3.1 Plantios	5
3.1.1 Material para plantio	6
3.1.2 Configuração e densidade do plantio	7
3.2 Tratos culturais	7
3.3 Doenças	8
3.4 Adubação	9
3.5 Colheita e pós-colheita	10
3.5.1 Corte das folhas	10
3.5.2 Transporte	11
3.5.3 Desfibramento	12
4 DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DO SISAL	12
4.1 Sistema radicular	12
4.2 Tronco	12
4.3 Rizoma	13
4.4 Folha	13
4.5 Escapo floral	13
4.6 Flor	14
4.7 Frutos e sementes	14
4.8 Bulbilho	14
5 EXTRAÇÃO DA FIBRA DO SISAL	14
5.1 Processo de extração	15
5.2 Lavagem e secagem da fibra	16
5.3 Limpeza da fibra	17
5.4 Seleção e classificação da fibra	17
5.5 Efardamento	18
5.6 Amostragem da fibra	18
5.7 Armazenamento	18
5.8 Transporte	19
6 APROVEITAMENTO DA FIBRA DO SISAL	19
6.1 Fio <i>baler twine</i>	19
6.2 Cordoalha	20
6.3 Aproveitamento dos resíduos do sisal	21
6.4 Novas oportunidades para a fibra do sisal	22
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	22
REFERÊNCIAS	23
ANEXOS	25

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO

O sisal (*Agave sisalana*), planta monocotiledônea, produz fibra dura e grossa, de cor creme ou amarelo pálido, de 1 a 1,5 m de comprimento, que abastece 70% do mercado mundial de fibras duras. Cerca de 60% da produção é empregada na fabricação de barbante usado na agricultura, especialmente nas máquinas enfardadeiras, para a amarração de feno. A seiva das folhas contém hecogenina, que se usa na síntese parcial da droga cortisona. Dos resíduos do desfibramento, pode-se produzir, também, pectato de sódio e cera; as varas do pendão floral da planta são usadas na cobertura de casas e na construção de cercas.

O sisal tem como característica principal o conhecimento de ser a maior fonte de fibras duras do mundo. Conforme Suinaga, Silva e Coutinho (2006) os principais produtores no Brasil são as regiões semiáridas dos Estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte, regiões com escassez ou nenhuma possibilidade de alternativa para exploração de outras culturas.

Ainda segundo Suinaga, Silva e Coutinho (2006) o aproveitamento da fibra do sisal (beneficiada ou industrializada) traz muita rentabilidade econômica em divisas para o Brasil, além de gerar empregos diretos e indiretos devido à sua cadeia produtiva, uma vez que o seu cultivo é responsável por fixar famílias à região semiárida nordestina.

Apesar da relevância do sisal, tem-se constatado nos últimos anos, um declínio contínuo desta cultura, com reduções da área cultivada, produção e produtividade. Conforme Suinaga, Silva e Coutinho (2006) vários aspectos têm contribuído para esta decadência, dentre os quais o baixo índice de aproveitamento da planta de sisal (somente 4% das folhas colhidas se convertem em produto vendável); a concorrência com as fibras duras sintéticas; o elevado custo inicial para a produção da monocultura sisaleira; a falta de variedades adaptadas às regiões produtoras; o não aproveitamento dos resíduos do desfibramento, doenças e o manejo deficitário da fertilidade dos solos.

Sendo assim, novos sistemas de produção vêm sendo desenvolvidos, a fim de viabilizar a competição da fibra com os fios sintéticos, a redução dos custos de produção, o aproveitamento dos subprodutos do desfibramento e a garantia de uma maior eficiência no processo de descortiçamento, fatores fundamentais para aumentar a sustentabilidade da cultura sisaleira e promover a inclusão social das comunidades que subsistem desta atividade agrícola (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

2. SISAL

2.1 Aspectos gerais

Conforme APRENDA A CULTIVAR (2010) o sisal (*Agave sisalana*) é uma planta de origem mexicana, sendo muito conhecida pela sua fibra dura (FIG. 1). Seu cultivo adapta-se muito bem nas regiões semiáridas e resiste ao sol intenso.



Figura 1 – Sisal (*Agave sisalana*)
Fonte: (GLOBO RURAL ONLINE, 2011).

As folhas, com ápice pontiagudo crescem em torno de um bulbo central, são rígidas, lisas, de cor verde – lustrosa, com 10 cm de largura e 1,5 m de comprimento aproximadamente. Pode-se dizer que é a fibra vegetal mais dura que existe.

A espécie mais cultivada é a *Agave sisalana*. Porém, já está em uso os híbridos-da-Paraíba e o híbrido-do-Rio-Grande-do-Norte, mais exigentes em solo/clima e que produzem até 700 folhas no ciclo (6 a 8 anos), contra 180 a 240 folhas do comum em 5 a 15 anos. O ciclo médio de vida do sisal comum é de 8 anos, findos os quais a planta entra em floração e morre sem frutificar. Com os melhoramentos genéticos, o híbrido frutifica (APRENDA CULTIVAR, 2010).

O Brasil é o maior produtor de sisal do mundo, sendo que a Bahia é responsável por quase toda a produção da fibra nacional. O apogeu econômico da plantação de sisal foi durante a Crise do Petróleo nas décadas de 60 e 70. Era necessário preservar a natureza e a forte pressão dos grupos ambientalistas contribuiu para o incremento da utilização de fios naturais, pois a fibra sintética demora até 150 anos para se decompor no solo, enquanto a fibra do sisal, em meses, torna-se um fertilizante natural (COMPANHIA SISAL DO BRASIL, [200-]).

Conforme o *site* Companhia Sisal do Brasil [200-] pode-se aproveitar do sisal, principalmente, a fibra das folhas, que após o beneficiamento, é destinada à indústria de cordoarias artesanais (cordas, cordéis, tapetes, etc.).

2.2 Clima e solos

Conforme Suinaga, Silva e Coutinho (2006) por ser uma planta semi-xerófila, o sisal desenvolve-se muito bem em regiões de clima tropical e subtropical, podendo suportar secas prolongadas e, até mesmo, temperaturas elevadas. No México (Península de Yucatã), o sisal adapta muito bem ao clima tropical semiárido e às regiões quentes e com poucas chuvas.

“Na região Nordeste do Brasil, o sisal se desenvolve na região semiárida, com temperatura média diária superior a 24°C, altitude máxima de 600m, precipitação média anual entre 650 e 1250 mm, umidade relativa média anual do ar variando de 66 a 79% e ventos de 3m/s” (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

Quanto ao tipo de solo apropriado para o cultivo do sisal, o mais apropriado é solo sílico arenoso, que conforme Suinaga, Silva e Coutinho (2006) são solos permeáveis, apresentam boa média de fertilidade e são relativamente profundos.

Conforme Suinaga, Silva e Coutinho (2006) para o plantio do sisal, deve-se evitar áreas compactadas e encharcadas, fatores que prejudicam o desenvolvimento da planta. Já nas áreas de baixa, onde há predominância de solos aluviais e hidromórficos, também pode ser exploradas, desde que passem por um processo de drenagem. É fundamental tirar o excesso de água do solo, a fim de garantir o bom desenvolvimento do sistema radicular e manter a capacidade produtiva da planta.

O preparo e a conservação do solo para o cultivo de sisal acontecem da seguinte forma:

A primeira etapa do preparo do solo é a limpeza da vegetação. O material vegetal residual pode ser enfileirado em curvas de nível, o qual poderá atuar como uma barreira à erosão. Caso o terreno contenha vegetação arbustiva, recomenda-se a destoca ou roço que poderá ser manual ou tratorizada. Em campos de sisal antigos ou abandonados, a eliminação das plantas poderá ser feita com trator de esteira ou trator de rodas, com uma lâmina acoplada na frente da máquina. Em áreas com vegetação arbustiva, o preparo do solo deverá ser feito com uma aração e gradagem, utilizando o arado de discos e a grade leve. Em lavouras de sisal antigo ou abandonado, recomenda-se o preparo do terreno com grade pesada, com o solo úmido, devido à dificuldade do arado em penetrar no solo com grande quantidade de raízes. As condições topográficas e de textura do solo são fatores importantes na escolha dos equipamentos e no manejo do solo. Além

desses cuidados recomenda-se, também, a adoção de práticas conservacionistas, tais como o plantio em curvas de nível, de acordo com a declividade da área (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

3. CULTIVARES

Existem dois tipos de genótipos de sisal cultivados no Brasil: Sisal Comum (*Agave sisalana*, FIG. 2) amplamente cultivada nas regiões semiáridas e o Sisal Híbrido 11648 (FIG. 3), este desenvolvido na região oeste da África (SOUZA SOBRINHO et al., 1985 apud SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).



Figura 2 – Sisal comum (*Agave sisalana*)
Fonte: (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).



Figura 3 – Sisal híbrido 11648
Fonte: (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

O comprimento da folha e a resistência da fibra são características importantes para a indústria, e são qualidades intrínsecas de *A. sisalana*. O híbrido 11648, entretanto, é mais resistente à seca, o que permite colheita durante todo o ano. No processo de desfibramento, o híbrido 11648, quando comparado a *Agave sisalana*, tem a desvantagem de exigir maior esforço do operador da máquina desfibradora; esta desvantagem, no entanto, pode ser superada com o uso de máquinas desfibradoras automáticas (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

Portanto, ao escolher o genótipo a ser plantado, é importante levar em consideração a disponibilidade do clone na região em que o sisal é cultivado, os critérios da qualidade de fibra exigidos pela indústria e o tipo de máquina desfibradora existente na propriedade (SILVA; BELTRÃO, 1999 apud SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

3.1 Plantios

Conforme Suinaga, Silva e Coutinho (2006) para o cultivo do sisal em terrenos planos, é necessário que as linhas de plantio sejam orientadas no sentido norte-sul, para que não ocorra o sombreamento entre as plantas. É importante também, dividir a área em talhões de aproximadamente 2 hectares, visando facilitar a operação de colheita e o transporte das folhas.

O plantio das mudas poderá ser realizado em sulcos, com o auxílio de um sulcador tratorizado, em solos que permitam o tráfego de máquinas. Em terrenos com topografia acidentada, pode-se também plantar as mudas em covas, com o uso de enxadas ou enxadões (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

3.1.1 Material para plantio

A propagação do sisal ocorre de forma assexuada através dos bubilhos e rebentos da planta, onde os bubilhos são produzidos no escape floral, após a queda das folhas. Já a origem dos rebentos vem dos rizomas subterrâneos emitidos pela planta mãe. Nas regiões semiáridas, a época mais apropriada para o plantio é durante a estação chuvosa (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

Caso sejam escolhidos rebentos, como material para plantio, estes devem ser selecionados levando-se em consideração os seguintes aspectos:

- A planta-mãe deve ser sadia, ter adequado desenvolvimento vegetativo e produtivo, assim como boas condições fitossanitárias;
- Devem ser separados quanto à idade, tamanho e diâmetro do bulbo;
- Descartar os rebentos advindos de plantas-mãe no final de ciclo, pois estes possuem menor longevidade;
- Devem ser selecionados de acordo com a sua altura (40 a 50 cm) e número de folhas (entre 12 e 15) (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

Por não necessitar de enviveiramento, os rebentos são mais disponíveis que os bulbilhos, evitando assim, as despesas adicionais. Outra característica é que os rebentos são resistentes às intempéries climáticas e possíveis de serem arrancados e armazenados por alguns dias em lugares frescos e abrigados do sol e do vento.

No caso de se optar por bulbilhos, como material para plantio, estes deverão ser cultivados considerando os seguintes aspectos:

- O viveiro deverá ser alocado em terreno fértil, de boa drenagem, propício à irrigação e próximo da área de plantio definitivo;
- Os bulbilhos selecionados deverão apresentar tamanho superior a 10 cm, sendo, preferencialmente, isentos de espinho nos bordos laterais das folhas;
- A planta mãe deve ser produtiva, vigorosa e saudável (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

Ao ser plantar o sisal em viveiro (FIG. 4) deverá ser feito no espaçamento de 20 cm entre plantas e de 50 cm entre linhas, onde a planta permanece neste local até atingir a altura de 40 a 50 cm. Na escolha do tipo das mudas para a formação do campo de sisal, deverão ser considerados fatores importantes: econômicos e a disponibilidade de material adequado na área, pois não há diferença quanto à produtividade, qualidade de fibra e longevidade das plantas em sisalais formados por bulbilhos ou rebentos (MEDINA, 1963 apud SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).



Figura 4 – Plantio de bulbilhos em viveiro
Fonte: (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

No plantio definitivo, a muda deve ser alinhada com a fileira de plantas, na posição vertical, alocando-a em profundidade adequada (aproximadamente 20 cm), tendo o cuidado de manter a parte de inserção das folhas do colo fora da superfície do solo. A fim de dar maior sustentação, deve-se comprimir a terra ao redor da muda (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

3.1.2 Configuração e densidade de plantio

São basicamente duas maneiras de se cultivar sisal: a tradicional ou em fileiras simples e o plantio em fileiras duplas. A escolha da configuração adequada deverá levar em consideração importantes fatores relacionados com a topografia, tipo de solo, disponibilidade de mão de obra e existência de outro tipo de atividade agrícola na propriedade, entre outros (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

- Plantio em fileiras simples: O sistema de plantio em fileiras simples, amplamente utilizado nas principais regiões produtoras é composto por espaçamento de 2 m x 1 m, com uma população de 5.000 plantas/ha. Entretanto, em cultivos mais tecnificados, são recomendados espaçamentos mais largos, como 2,5 m x 1 m, que mantêm densidade de 4.000 plantas/ha e possibilita a implantação de culturas intercalares nos dois primeiros anos, além de permitir que algumas operações sejam mecanizadas, tais como o roço e o transporte das folhas. Para a situação de consórcio de sisal com a pecuária bovina, o espaçamento mais recomendado é o de 3 m x 1,5 m, com densidade de 2.200 plantas/ha, o que facilita a ampla circulação dos animais.
- Plantio em fileiras duplas: O sistema de plantio em fileiras duplas é adequado principalmente para grandes áreas, em que são utilizadas práticas de cultivo mais elaboradas. Esta configuração permite maior proteção do solo quanto aos efeitos da erosão; entretanto, torna os tratos culturais dispendiosos, principalmente a operação do roço. Os espaçamentos mais recomendados para plantio em fileiras duplas são: 3 m x 1 m x 1 m com 3.300 plantas/ha e 4 m x 1 m x 1 m com 2.500 plantas/ha (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

No Anexo, são informadas as características do plantio do sisal em fileiras simples e duplas.

Conforme Silva et al. (2008) há também o plantio consorciado, onde o agricultor consorcia culturas alimentares com culturas industriais (FIG. 5).



Figura 5 – Sisal híbrido 11648 consorciado com milho
Fonte: (SILVA et al., 2008)

Considerando-se os altos custos de produção da cultura, o plantio intercalar com culturas regionais pode ser uma alternativa interessante e capaz de proporcionar ao produtor uma renda extra no período improdutivo do sisal, além de minimizar os custos das capinas, exigidos pelas culturas envolvidas (SILVA et al., 2008).

3.2 Tratos culturais

Conforme Suinaga, Silva e Coutinho (2006) o sisal tem muita sensibilidade em relação à concorrência das plantas invasoras, principalmente nos seus dois primeiros anos. Sendo assim, é viável realizar de duas a três campinas no primeiro ano, dependendo da incidência das invasoras, e de uma a duas capinas no segundo ano, podendo ser a primeira após o início do período chuvoso e a segunda ao final deste período. As operações de limpeza podem ser feitas com o cultivador a tração animal ou, então, tratorizadas com uma grade

leve, desde que espaçamento entre fileiras o permita este processo. Em ambos os casos, recomenda-se a capina manual com enxada ou enxadão, entre as plantas de sisal, como complemento das operações anteriores. Já a partir do terceiro ano, é recomendável a limpeza através do roço manual ou tratorizado, de uma a duas vezes no ano (quando uma vez por ano, o processo deve ser feito no final do período chuvoso). Ao ser feita a limpeza com trator, deve-se fazer um afastamento de no mínimo 50 cm das folhas baixas, evitando danos às mesmas.

Após a colheita das folhas, é necessário erradicar o excesso de rebentos para evitar a competição destes com a planta-mãe por fotoassimilados. Recomenda-se deixar um ou dois filhotes para substituir a planta mãe, a partir do terceiro ou quarto corte de folhas. Estes deverão ser vigorosos e estar alinhados à fileira de plantio (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

3.3 Doenças

Conforme Bock (1965) mesmo o sisal apresentando na epiderme de sua folha uma cutícula espessa e cerosa, conferindo à planta uma barreira natural à penetração de organismos patogênicos, o sisal ainda pode ser afetado por diversas doenças capazes de causar sérios prejuízos à cultura.

Há várias doenças que afetam o sisal, mas apenas duas foram relatadas até o presente no Brasil: a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum agaves*, que não se constitui propriamente um problema fitossanitário de importância econômica, e a podridão vermelha do tronco, ou simplesmente podridão do tronco do sisal, que tem afetado, de forma isolada, desde a década de 1970, os sisais do Brasil, nas principais áreas produtoras dos estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte, atingindo níveis críticos a partir de 1998. A incidência da doença varia entre as regiões de cultivo; em algumas, não ultrapassa 5% da área e, em outras, pode alcançar 40% de infestação. As folhas de plantas afetadas pela podridão do tronco não se prestam ao desfibramento e as plantas sintomáticas morrem com o progresso da doença. Embora ainda existam dúvidas com relação à etiologia da doença, três fungos já foram relatados causando podridões no tronco do sisal: *Pythium aphanidermatum*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Aspergillus niger*. Esses fungos são classificados como saprófitas ou parasitas fracos em função de serem dependentes de lesões de origem mecânica ou fisiológica e de condições ambientais adversas ao hospedeiro para iniciar o processo de infecção. No Brasil, apenas *L. theobromae* foi relatada causando podridão no tronco do sisal (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

Segundo Lima et al. (1998) a doença do sisal pode ser observada quando ocorre o escurecimento dos tecidos internos dos troncos, as áreas afetadas variam da coloração cinza escuro ao rosa pálido, estendendo-se da base das folhas a base do tronco da planta.

Quando a planta encontra-se em estágios avançados da doença, as folhas ficam amareladas e os troncos bastante apodrecidos (FIG. 6 e 7). Mesmo sendo fatal para a cultura, os sisais infectados pela doença podem sobreviver algum tempo em função do apodrecimento resultante da colonização pelo(s) agente(s) etiológico(s) ocorrer de forma lenta. A podridão do tronco afeta plantas de sisal em todos os estágios fenológicos, desde rebentos a plantas no final do ciclo (BOCK, 1965).



Figura 6 – Planta de sisal sadia
Fonte: (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).



Figura 7 – Tronco de sisal com sintomas de podridão
Fonte: (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

Os fungos relatados até o momento como causadores de podridões no tronco de sisal não penetram em tecidos não injuriados do hospedeiro, necessitando, portanto, de lesões de origem mecânica ou fisiológica; portanto, ferimentos causados na base das folhas por ocasião do corte dessas folhas para o desfibramento e aqueles causados abaixo da superfície do solo por instrumentos utilizados para realização de tratamentos culturais, como capinas, desbaste de touceiras ou mesmo a retirada de filhotes (rebentos) da planta-mãe para implantação de novos campos ou renovação de áreas, poderão constituir-se em importantes vias de penetração para esses patógenos, principalmente em plantas submetidas a algum tipo de estresse (deficiência hídrica e nutricional). Não existe tratamento curativo para a podridão do tronco do sisal; entretanto, algumas medidas preventivas podem ser implementadas no manejo da doença, como arrancar e queimar plantas com sintomas da doença; plantar filhotes (rebentos) provenientes de campos saudáveis para implantação de novos campos; utilizar o resíduo do desfibramento como adubação orgânica para melhorar a fertilidade do solo, evitando-se estresses nutricionais à planta (SUINAGA; SILVA; COUTINHO, 2006).

3.4 Adubação

No Brasil o cultivo de sisal já faz mais de 20 anos e conforme Silva et al. (2008) os solos não recebem nutrientes externos através da adubação. Nas de cultivo, o solo tem baixo teor de matéria orgânica, geralmente inferior a 1%, gerando um déficit de nitrogênio às plantas. O teor de fósforo também é baixo, sendo outro macronutriente que pode ser fundamental ao crescimento da planta. Quanto ao teor de potássio, os solos das regiões onde o sisal é cultivado têm altos teores, devido principalmente à origem destes solos e à baixa precipitação, o que reduz a perda por lixiviação. Essas deficiências de macronutrientes podem estar limitando a produtividade do sisal na região semiárida do Brasil, diminuindo sua rentabilidade e tornando a cultura pouco lucrativa.

Uma das alternativas para a reposição de parte dos nutrientes extraídos pela cultura é a restituição do resíduo do desfibramento, prática que é recomendada há muito tempo (DOOP, 1940 apud SILVA et al., 2008). Como apenas 3-5% da folha são de fibra aproveitável, constituída de celulose, os 95-97% restantes contêm a maior parte dos nutrientes extraídos anualmente pela cultura. Para o cultivo do sisal, recomenda-se que o solo tenha pH entre 5,5 e 6,5; em solos ácidos deve-se fazer a calagem preferencialmente com calcário dolomítico (MALAVOLTA, 1996 apud SILVA et al., 2008). A adubação nitrogenada atualmente recomendada para a cultura do sisal na região Nordeste é de 20 kg/ha de Nitrogênio no plantio das mudas e 40 kg/ha no início da estação chuvosa do ano seguinte; recomenda-se também adubação de manutenção de 40 kg/ha/ano de Nitrogênio. A adubação fosfatada e a potássica deverá ser feita conforme os resultados da análise do solo e de acordo com a Tabela 1 (SILVA et al., 2008).

Tabela 1 – Recomendação de Fósforo (P) e Potássio (K) para cultura do sisal de acordo com os níveis de P e K extraído pelo método de Mehlich

Nutriente	Adubação de base	Adubação de cobertura
P₂O₅ – ppm de P no solo		
< 6	70	-
7 – 13	50	-
14 – 20	30	-
K₂O – ppm de K no solo		
< 30	35	35
31 – 60	25	25
61 – 90	15	15

Fonte: (SILVA et al., 2008).

3.5 Colheita e pós-colheita

Segundo Silva et al. (2008) fazem parte do processo de colheita e pós-colheita do sisal, as operações de corte, enfeixamento, transporte e desfibramento. Esses processos devem ser sincronizados, de modo que as folhas cortadas sejam beneficiadas no mesmo dia, para evitar o murchamento, fato que dificulta o desfibramento, assim como a fermentação e a depreciação da fibra.

3.5.1 Corte das folhas

Conforme Silva et al. (2008) a primeira etapa do processo de colheita do sisal consiste no corte periódico de um determinado número de folhas da planta.

Para *Agave sisalana* é possível realizar-se o primeiro corte, aproximadamente, aos 36 meses após a data de plantio, em lugar definitivo, podendo-se colher de 50 a 60 folhas, das quais 30 a 40% são curtas (as do baixeiro) e impróprias para a cordoaria; nas colheitas subsequentes, são retiradas cerca de 30 folhas. O ciclo da planta dura em média 8 a 10 anos. No Híbrido 11648, mais tardio, o tempo para realizar o primeiro corte é, em média, 48 meses, quando podem ser colhidas cerca de 110 folhas/planta; nas colheitas subsequentes são retiradas de 50 a 70 folhas/planta e o ciclo dura entre 8 e 10 anos. O corte para ambos os materiais é realizado manualmente, com uma pequena foice ou faca bem afiada, rente ao tronco (SILVA et al., 2008).

Geralmente na região semiárida do Brasil, o sisal sofre um corte por ano, mas, conforme Silva et al. (2008) de acordo com os preços da conjuntura de mercado, o corte da planta pode ser antecipado pelo produtor, acontecendo então o corte drástico, incluindo o as folhas prematuras, o que pode alterar a qualidade das fibras. Em condições normais de colheita, a prática viável é deixarem-se entre 7 e 9 folhas para a *Agave sisalana* e de 9 a 12 folhas para o Híbrido 11648 (FIG. 8).

Por outro lado, deve-se ter o cuidado de se proceder ao corte da folha o mais próximo possível da roseta caular, para evitar a entrada de patógenos e a perda de fibras. Na Figura 8 é demonstrado o corte das folhas no sisal híbrido, com detalhes para o tipo de material utilizado e a altura em que deve ser procedida a retirada das folhas (SILVA et al., 2008).



Figura 8 – Detalhe corte das folhas do sisal híbrido 11648
Fonte: (SILVA et al., 2008).

3.5.2 Transporte

Após o corte das folhas, a próxima etapa do processo de colheita é o transporte. Segundo Silva et al. (2008) as folhas cortadas são levadas para o local de desfibramento. O ideal do transporte é sempre buscar a menor distância a ser percorrida, a fim de que as folhas cheguem com regularidade e com abundância no menor tempo possível.

No Nordeste, o transporte mais comum é feito por jumentos (FIG. 9), com a utilização de cangalhas com cambitos (gancho tipo V, de madeira) em seu dorso, onde são colocadas as folhas. O animal pode transportar aproximadamente 200 folhas por vez, as quais pesam em torno de 100 a 130 kg. Um animal e um operário são suficientes para abastecer de folhas uma máquina Paraibana. O número de viagens do animal varia com a distância e, em média, são realizadas 40 a 60 viagens/dia, percorrendo entre 12 e 20 km. Quando a máquina desfibradora é automática, sua instalação é fixa, constituindo-se em uma usina de desfibramento e, neste caso, as folhas são reunidas em feixes de aproximadamente 50 unidades e transportadas em trator com reboque ou caminhão (SILVA et al., 2008).



Figura 9 – Transporte das folhas do sisal por um jumento
Fonte: (SILVA et al., 2008)

3.5.3 Desfibramento

Conforme Silva et al. (2008) o desfibramento é a principal atividade pós-colheita do sisal. Nesta etapa ocorre a eliminação da polpa das fibras, através de uma raspagem mecânica, tornando esta prática complexa e com custo elevado.

No Brasil, a extração da fibra era feita, de início, por meio de um instrumento simples, chamado farracho ou alicate, cujo processo, bastante rudimentar, baseava-se na raspagem da folha para a retirada da polpa ou da mucilagem que envolve a fibra, por meio de lâminas de ferro. Depois, com o aumento da área plantada, desenvolveram-se rotores raspadores, de acionamento mecânico. Esta máquina, denominada "motor de agave" ou "máquina Paraibana" é, ainda hoje, a principal desfibradora dos campos de sisal (SILVA; BELTRÃO, 1999 apud SILVA et al., 2008).

A etapa de pós-colheita e/ou desfibramento está abordada no item Extração da Fibra do Sisal.

4 DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DO SISAL

Por não ter muita variação nas partes constitutivas das plantas, a morfologia do sisal é considerada simples. Conforme Silva et al. (2008) isso é devido à preponderância da reprodução assexuada da espécie. Os detalhes da morfologia do sisal têm sido objeto de atenção e estudo de vários pesquisadores botânicos.

4.1 Sistema radicular

O sistema radicular do sisal tem a característica de ser fibroso, fasciculado e emergindo da base do pseudocaule (roseta), possuindo dois tipos diferentes de raízes: as fixadoras e as alimentadoras.

As fixadoras têm diâmetro de 2 a 4 mm, são de coloração marrom e enrugadas devido à suberização; possuem muitas ramificações e podem atingir crescimento horizontal de até 3 m. A maioria das raízes concentra-se na profundidade de 10 a 25 cm da superfície do solo e têm as funções de fixar e sustentar a planta e dar origem às raízes alimentadoras, cuja função é absorver água e nutrientes da solução do solo. Estas são de pequeno diâmetro (1 a 2 mm) e, dependendo das condições de fertilidade do solo, desenvolvem-se em grande número; com o tempo, também se suberizam e aumentam de tamanho. Quando o sisal entra em senescência, as raízes alimentadoras começam a morrer (SILVA et al., 2008).

4.2 Tronco

Segundo Silva et al. (2008) o sisal não possui um caule aéreo (caule verdadeiro), sendo assim, uma planta acaulescente. No lugar, existe um tronco (pseudocaule), ou eixo principal, onde estão inseridos as folhas e broto terminal. O tronco é o principal componente do sisal, tendo a função de dar origem e sustentação das folhas.

O pseudocaule de *A. sisalana* pode, quando adulto, atingir uma altura de até 1,20 m e um diâmetro de 20 cm; depois desta fase, em especial quando as plantas são regularmente cortadas, o tronco deixa de crescer em diâmetro, uma vez que todo o crescimento da planta passa a ser apical. O tronco é coberto por uma casca dura lignificada de, aproximadamente, 3 mm de espessura, que serve para dar sustentação e fixação às folhas, além de servir como órgão de armazenamento. O interior do pseudocaule é composto por tecido de consistência dura, semelhante à madeira. Na parte média superior do caule, encontram-se tecidos menos fibrosos, de coloração esbranquiçada, enrugados e suculentos e, logo acima, localiza-se o meristema principal ou superfície de crescimento, que é o ponto de origem das folhas, constituídas de pequenas células de alto poder reprodutivo (SILVA et al., 2008).

4.3 Rizoma

O sisal produz rizomas de gemas situadas na base da planta (abaixo do nível do solo), com diâmetro variando de 1,5 a 3,0 cm. Seu desenvolvimento ocorre em forma longitudinal, com diferentes comprimentos e a profundidade vai de 5 a 15 cm.

São caules subterrâneos de cor branca, com pequenos primórdios foliares que protegem as gemas; cada primórdio floral tem 2 a 3 cm de comprimento e é constituído por uma fina camada de lignina, com pequeno espinho na extremidade. Geralmente, as gemas permanecem dormentes, com exceção da extremidade que, a partir do segundo ou terceiro ano vegetativo da planta, começa a dar origem a uma nova planta, chamada "rebento". Quando o rizoma é extremamente curto, o rebento poderá sair na base da planta mãe, mas, em geral, ele cresce aproximadamente 2 m para alcançar a superfície do solo e dar origem ao rebento. Uma planta mãe poderá produzir de 5 a 10 rizomas, no caso da *A. sisalana*, mas existem outros genótipos, como o Híbrido 11648, que poderão emitir entre 30 e 50 rizomas. Após a emissão dos rebentos, recomenda-se a sua eliminação, para evitar concorrência de nutrientes e umidade do solo com a planta mãe. O rizoma, cujo rebento foi eliminado, após a sua recuperação, poderá dar origem a um novo rebento (SILVA et al., 2008).

4.4 Folha

A folha do sisal possui um formato linear lanceolada, destituída de pecíolo (sésil, ligada diretamente ao tronco), rígida, de cor verde escuro e comprimento variando entre 120 e 160 cm, com 10 a 15 cm de largura na sua parte média.

A superfície é côncava, desprovida de espinhos nas bordas, possuindo um único acúleo de 2 cm na extremidade da folha. A inserção da folha no pseudocaule ocorre em forma de espiral, ascendente, formando rosetas; as mais jovens são verticais, mas, a medida que amadurecem, amplia-se o ângulo de sua inserção no caule até as folhas inferiores, que são horizontais. Uma planta de *A. sisalana* produz entre 200 e 250 folhas durante o ciclo, com peso médio variando entre 400 e 700 g. A epiderme da folha é composta por uma cutícula cerosa, que repele a água facilmente; nesta camada, encontram-se numerosos estômatos distribuídos de maneira contínua, realizando as trocas gasosas. Internamente, as folhas são formadas por um tecido composto de células palissádicas; abaixo deste, encontra-se o parênquima, que é um tecido esponjoso, onde se localizam as fibras. Cada folha contém de 1.000 a 1.200 fios de fibra. As fibras "mecânicas", que são as comerciais, constituem-se 75% do total das fibras da folha e concentram-se principalmente em três ou quatro fileiras da zona periférica, abaixo da epiderme; essas fibras são as responsáveis pela manutenção da rigidez da folha. As fibras "curtas" estão associadas aos tecidos condutores e se encontram na parte média dos tecidos da folha - essas fibras geralmente são perdidas no processo atual de desfibramento - enquanto algumas fibras "mecânicas", que possuem entre 45 e 50 fios, localizadas na camada média da folha, se unem e se lignificam para formarem o acúleo terminal da folha. Os fios das fibras são formados por células fusiformes, fortemente compactadas, com 3 mm de comprimento e 20 a 30 micra de diâmetro; são poligonais em corte transversal e apresentam paredes grossas e lúmen pequeno arredondado (SILVA et al., 2008).

4.5 Escapo floral

Conforme Silva et al. (2008) o escapo floral surge quando a planta está prestes a emitir a inflorescência, produzindo então, folhas curtas, estreitas e pontiagudas, em redor do ponto apical, até quando ocorrer a inflorescência, ou seja, quando o ápice do caule se transformar em pedúnculo floral de 6 a 8 m de altura, este possuindo algumas escamas similares às folhas e emitem entre 20 e 40 ramos que, por sua vez, originam grupos de flores de cor branca ou ligeiramente esverdeadas.

O pedúnculo floral é uma grande panícula que cresce, no início, e em condições normais, 10 a 12 cm por dia; cada ramo produz aproximadamente 40 flores e, por se tratar de uma planta monocárpica, ele floresce uma só vez durante o ciclo vegetativo, morrendo posteriormente (SILVA et al., 2008).

4.6 Flor

Conforme Silva et al. (2008) a flor do sisal é hermafrodita e acha-se agrupada em cachos situados no final de cada ramo da panícula. Na primeira etapa do processo de floração, abrem-se as flores dos ramos inferiores e, quando os seus estigmas são receptivos, os estames dos ramos imediatamente superiores abrem-se (segunda etapa da floração), vertem o pólen para fertilizar as flores inferiores e, assim, realiza-se a floração, até os ramos da inflorescência superior.

4.7 Frutos e sementes

Conforme Silva et al. (2008) quando ocorre a queda das flores, raramente percebe-se frutificação; entretanto, isto pode ser possível quando o pedúnculo floral é decapitado antes da emissão dos ramos floríferos. São obtidos frutos e sementes viáveis nos ramos originados das gemas inferiores do escapo floral. Os frutos possuem um formato capsular, oblonga, trilobular, com pericarpo rígido, medindo 3 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro, de coloração verde e consistência carnosa nos estágios iniciais; quando amadurecem, seis meses depois que a flor é polinizada, passam a ter coloração preta. As sementes, que estão localizadas no interior do fruto, são delgadas, de tonalidade preta, lustrosa e de forma triangular; as estéreis são de cor branca e as férteis raramente são encontradas.

4.8 Bulbilho

Segundo Silva et al. (2008) após a queda das flores, novas plantas são desenvolvidas sobre a panícula, essas plantas são chamadas "bulbilhos", que são originadas de gemas que se encontram logo abaixo da linha de inserção das flores. Os bulbilhos formados por tecido meristemático, com 6 e 10 cm e 6 a 8 folhas e pequenas raízes adventícias, caem da planta após três meses, servindo como órgão de propagação de novas plantas.

5 EXTRAÇÃO DA FIBRA DO SISAL

Conforme Andrade (2008) o sisal é a principal fibra dura produzida no mundo, correspondendo 70% da produção mundial deste tipo de matéria prima. No Brasil, a cultura do sisal está concentrada e uma área de pequenos agricultores (predomínio do trabalho familiar). O sisal é uma ótima opção de fonte de renda e de emprego para muitos trabalhadores e, além disso, o plantio de sisal também fixa o homem na região semiárida, onde é a única alternativa econômica com resultados positivos.

Ainda segundo Andrade (2008) a fibra do sisal, beneficiada ou industrializada, pode render cerca de 80 milhões de dólares em divisas para o Brasil, gerando mais de meio milhão de empregos na sua cadeia de serviços, entre eles as atividades de manutenção das lavouras, colheita, desfibramento e beneficiamento da fibra, industrialização e a confecção de artesanato.

O Brasil é hoje o maior produtor e exportador de fibras e manufaturados de sisal, com 58% da produção e 70% da exportação. O cultivo ocorre em 112 municípios do Nordeste, sendo a Bahia o maior produtor nacional. A cultura é de fundamental importância na economia nordestina porque torna produtivas regiões semiáridas, sem alternativas econômicas e baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), sendo fator de sobrevivência, pois emprega grande volume de mão-de-obra, contribuindo para fixar o homem no campo. Estima-se que a cadeia produtiva emprega cerca de 600 mil pessoas. De 1995 a 2005, a produção anual de fibra oscilou entre 110 e 140 mil toneladas. Atualmente, cerca de 87% da produção interna destina-se à exportação, gerando divisas anuais da ordem de 80 milhões de dólares. O

preço médio dos produtos exportados oscilou fortemente, acarretando queda de divisas. Alterar o desempenho de nossas exportações, elevando a participação de produtos com maior valor agregado, poderá aumentar o preço médio e otimizar as receitas. Em 2004, o excedente da produção nacional foi exportado para 84 países. Apenas três responderam por 60% do volume, sendo prudente evitar essa concentração, buscando novos mercados. O governo federal tem promovido ações para beneficiar a cadeia produtiva. Além dos financiamentos específicos para atualizar tecnologicamente o setor, tem implementado projetos de desenvolvimento sustentável para gerar emprego, renda e inclusão social, numa atividade ecologicamente correta (ANDRADE, 2008).

5.1 Processo de extração

Como foi dito anteriormente, a principal atividade de pós-colheita do sisal é a extração da fibra do sisal ou desfibramento. Conforme Silva et al. (2008) inicialmente no Brasil, o processo de extração era feito através de um instrumento simples (ferracho ou alicate). O método de desfibramento era bastante rudimentar, baseava-se na raspagem da folha para a retirada da polpa (mucilagem) que envolve a fibra, com uso da lâmina de ferro.

Hoje, devido ao aumento da área plantada, foram desenvolvidos rotores raspadores, com acionamento mecânico. A máquina, conhecida como Motor de Agave ou Máquina Paraibana é a principal desfibradora da cultura do sisal (SILVA, et al., 2008).

Por sua simplicidade e rusticidade, a máquina Paraibana (FIG. 10) tem baixa capacidade operacional (em torno de 150 a 200 kg de fibra seca em um turno de 10 horas/dia) e produz grande desperdício de fibras (em média 20 a 30% da fibra contida na folha) e, sobretudo, envolve um número elevado de pessoas para a sua operacionalização, aumentando os custos de produção. Além disso, pela sua rusticidade, a máquina Paraibana exige grande esforço do puxador. O processo de desfibramento, na Bahia, é feito por uma única pessoa (puxador) e na Paraíba por duas pessoas, que trabalham em perfeita sintonia, da seguinte maneira: o primeiro operador segura a folha pela parte apical e a introduz na outra extremidade, aproximadamente 60% do seu comprimento, na boca de alimentação da máquina; em seguida, auxiliado pelo segundo operador, inverte a posição da folha e introduz a parte ainda não desfibrada, para completar a operação. Este procedimento, também é feito quando o desfibramento é realizado por um único puxador. Em operação normal desfibram-se, em média, 20 a 30 folhas por minuto, ou 1.200 a 1.800 folhas por hora ou, ainda, 550 a 820 kg de folhas/hora (SILVA et al., 2008).



Figura 10 – Máquina Paraibana desfibrando folhas de sisal
Fonte: (SILVA, et al., 2008).

Segundo Silva et al. (2008) é uma máquina perigosa, pois expõe os operadores a constantes riscos de acidentes, o que constitui um dos principais problemas da máquina e da operação propriamente dita. Mas hoje, por iniciativa dos próprios operadores, a fim de evitar acidentes no desfibramento da folha, algumas Máquinas Paraibanas foram dotadas de

uma caixa protetora do rotor (capuz) com a boca mais prolongada ou então, usa-se um pedaço de madeira (cepo) na boca da máquina para impedir que a mão do operador se aproxime do rotor desfibrador (FIG. 11).



Figura 11 – Detalha da madeira ou cepo colocado próximo ao rotor
Fonte: (SILVA, et al., 2008).

Existe hoje um protótipo de extração da fibra (FIG. 12), que foi confeccionado com o apoio da Embrapa Algodão e da Brasil Cordas S.A. – BRASCORDA. Esta máquina encontra-se instalada em algumas fazendas da Paraíba e da Bahia. Basicamente, consta de: chassi, sistema de alimentação e de transporte das folhas para o desfibramento, rotores raspadores com côncavo, sistema de recepção da fibra e resíduos e de motor de acionamento.



Figura 12 – Novo protótipo de extração da fibra do sisal – Protótipo Nova Floresta
Fonte: (SILVA et al., 2008).

A operação consiste na colocação adequada das folhas sobre a mesa alimentadora, as quais, a partir daí, são conduzidas, por meio de cordas de sisal, para o primeiro rotor, que desfibra a parte basal da folha (40%); em seguida, as folhas continuam a trajetória, em direção ao segundo rotor, a fim de completar o desfibramento. A fibra que está sobre a corda é conduzida para a recepção e a máquina pode ser acionada por um trator de média potência ou por dois motores, elétricos ou a diesel, de potência média de 10 cavalos (SILVA et al., 2008).

5.2 Lavagem e secagem da fibra

Após o processo de desfibramento, a fibra é transportada em padiola ou no dorso de jumentos, para tanques contendo água limpa, onde deverá ser imersa em um período de 8 a

12 horas para a limpeza, que consiste no desprendimento da mucilagem péctica e da seiva clorofílica, agregados à fibra.



Figura 13 – Fibra estendida no varal de arame para secagem
Fonte: (SILVA et al., 2008).

O local de secagem poderá ser uma área onde as fibras não absorvam impurezas, como em varais ou estaleiros tipo triângulo ou estrado, ambos feitos com fio de arame galvanizado (FIG. 13), ou em área cimentada devidamente limpa. Recomenda-se, para melhor secagem, revirar as fibras uma ou duas vezes e, a seguir, arrumá-las em pequenas manocas (pequenos feixes) amarradas pela parte mais espessa e conduzi-las ao depósito para serem armazenadas sem serem dobradas. Não se aconselha a utilização de água salobra para a lavagem da fibra do sisal, em virtude da sua alta higroscopicidade e da mobilização da vida bacteriana, que poderão afetar a qualidade da fibra depois de seca (SILVA et al., 2008).

5.3 Limpeza da fibra

Este processo tem como objetivo remover o pó e o tecido parenquimatoso aderente aos feixes fibrosos, além da remoção das fibras de pequeno comprimento, resultando em um produto limpo, brilhoso, macio e valorizado. Na limpeza é utilizada uma bateadeira, que é uma máquina de concepção semelhante à das desfibradoras e dotadas de um tambor rotativo de aproximadamente 0,60 m de diâmetro e de seis lâminas planas de 5 cm de largura, protegidas por uma capa metálica, que gira no sentido inverso ao das desfibradoras. A velocidade de giro do tambor está em torno de 200 rpm.

Para realizar o batimento da fibra, um operador segura na extremidade mais espessa da manoca e a introduz na máquina para proceder à limpeza, através do batimento das lâminas sobre as fibras, numa extensão de 70% do comprimento; a seguir, inverte a posição para completar a limpeza da outra extremidade, operação em que geralmente se perde entre 8 e 10% do peso original da fibra, pela eliminação dos resíduos parenquimatosos, em forma de pó e fibras curtas. O pó pode ser aproveitado como adubo orgânico e até mesmo em misturas para ração animal; a bucha pode ser utilizada para a produção de celulose, estofados e como componente de polímeros para uso doméstico ou na indústria automobilística (SILVA et al., 2008).

5.4 Seleção e classificação da fibra

Após o batimento de limpeza, as fibras são selecionadas de acordo com os padrões de classificação vigentes no país produtor. No Brasil, com o objetivo de padronizar a comercialização, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA aprovou portarias (BRASIL, 1975; 1983) que identificam e qualificam a fibra do sisal (SILVA et al., 2008).

5.5 Enfardamento

Depois de escovada e classificada, a fibra deve ser conduzida para passar pelo processo de enfardamento. Esta é uma operação de acondicionamento para o seu transporte até a indústria. Atualmente, no Brasil poucos produtores dispõem de prensas para enfardar a fibra e, sendo assim, quase sempre o enfardamento é feito pelo beneficiador do sisal, que pode utilizar prensas hidráulicas, compostas basicamente de um caixão para o recebimento da matéria prima, cilindro para prensagem da fibra, motor elétrico com depósito de óleo, conexões e válvulas de comando para o acionamento do cilindro de prensagem (SILVA et al., 2008).

Há prensas de um caixão de ferro do tipo fixo ou de dois caixões móveis ou giratórios. A de caixão fixo é aquela em que o enfardamento é feito fardo a fardo e o fardo produzido é geralmente de baixa densidade; a prensa com dois caixões móveis ou giratórios apresenta grande rendimento operacional, uma vez que, enquanto se prensa a fibra em um caixão, o outro está sendo abastecido para se proceder à prensagem. Esse tipo de prensa é indicado para grandes produtores ou beneficiadores e a densidade depende da capacidade do motor de acionamento do cilindro. As dimensões médias de cada caixão estão na faixa de 150 x 50 x 70 cm, produzindo fardos que variam entre 120 e 200 kg. A operação de abastecimento dos caixões deve ser de maneira cuidadosa, ou seja, os manojos da fibra devem ser arrumados em toda a sua extensão, para evitar danos à fibra por ocasião da prensagem e, por conseguinte, produzir fardos com boa aparência e uniformes. A amarração do fardo é feita, em geral, com fio de arame ou corda de sisal, dando-se de 5 a 8 voltas, de forma paralela; cada fardo terá que ser identificado através de etiqueta ou outro processo equivalente, indicando a classificação, empresa de origem, local e data de produção. A portaria nº 071, de 16 de março de 1983 (BRASIL, 19 89 apud SILVA et al., 2008) normaliza a embalagem ou enfardamento da fibra de sisal beneficiada, observando as seguintes especificações: as fibras devem ser postas na prensa e adequadamente estiradas, em curvas suaves, nos cantos da caixa; o fardo deve ser amarrado com corda de sisal, arame ou cinta metálica; deve ser aplicada no fardo, por baixo do material de amarração e no ato do enfardamento, uma faixa de tecido de algodão ou polipropileno de dimensão e textura apropriadas para receber a marcação; o fardo deve apresentar dimensões, forma e densidade condizentes com os equipamentos utilizados para a sua prensagem e que atendam às exigências oficiais para transporte e armazenagem do produto e a embalagem deve garantir a inviolabilidade do produto (SILVA et al., 2008).

5.6 Amostragem da fibra

O processo de retirada de amostras deve ser procedida no mínimo em 10% dos fardos de cada lote, escolhidos inteiramente ao acaso, de forma que se possa garantir a sua perfeita representatividade (SILVA et al., 2008).

5.7 Armazenamento

A etapa de armazenamento é uma operação fácil, desde que sejam observados alguns seguintes pontos:

- Os locais destinados à armazenagem da fibra de sisal deverão oferecer plena segurança, principalmente contra sinistros, dispor de condições técnicas imprescindíveis à conservação da qualidade comercial do produto e à fiscalização, além de atender às especificações da legislação vigente; a fibra deve conter no máximo 13,5% de umidade e ser armazenada em fardos prensados, obedecendo às especificações e à classificação do tipo de fibra;
- Os fardos deverão ser colocados em pilhas cruzadas, em número de 2, em cada lado do corredor central do armazém; a altura da pilha deverá ter no máximo 2,4 m, de modo a facilitar a ventilação dos fardos;

- O armazém deverá oferecer segurança contra incêndio, ter boa aeração e ter número suficiente de portas para o escoamento do produto armazenado;
- Deverá ser rigorosamente proibido fumar nos armazéns e, por medida de precaução, os mesmos deverão contar com extintores de incêndio (SILVA et al., 2008).

5.8 Transporte

Conforme Silva et al. (2008) todos os meios de transporte da fibra de sisal deverão oferecer plena segurança, principalmente contra sinistros, dispor de condições técnicas imprescindíveis à conservação da qualidade comercial do produto e à fiscalização, e ainda atender às especificações da legislação vigente. Os lotes de sisal beneficiado deverão ser obrigatoriamente formados de fardos da mesma classe e totalmente identificados.

6 APROVEITAMENTO DA FIBRA DO SISAL

Conforme Silva et al. (2008) das folhas do sisal, são aproveitados de 3 a 5% do seu peso em fibras, e quanto ao restante (resíduos do processo de desfibramento) constitui em média, 15% de mucilagem ou polpa (constituído pela cutícula e por tecido paliçádico e parenquimatoso), 1% de bucha (fibras curtas) e 81% de suco (seiva clorofilada).

A fibra é industrializada e convertida em corda, barbante, tapetes, sacos, bolsas, chapéus, vassouras e também em artesanato; além disso, tem utilização industrial na fabricação de pasta celulósica, que dará origem ao papel *Kraft*, de alta resistência, e a outros tipos de papel fino, cigarros, filtros, papéis dielétricos, absorventes higiênicos, fraldas etc., e ainda na indústria de plástico reforçado. Porém, a principal utilização da fibra do sisal é na fabricação de fios agrícolas (*twines*), que são fios torcidos, elaborados a partir de fibras de sisal paralelizadas e individuais que, necessariamente, terão uniformidade de peso por comprimento e serão tratadas contra roedores, mofo e putrefação (SOUZA et al., 1998 apud SILVA et al., 2008).

6.1 Fio *baler twine*

Segundo Silva et al. (2008) o *baler twine* é o principal fio agrícola para exportação. O produto é feito de fio torcido, elaborado através das fibras do sisal paralelizadas. Necessariamente, essas fibras precisam ter uniformidade de comprimento para uma melhor regularidade do seu diâmetro (FIG. 14). O fio *baler twine* é utilizado para amarração de fardos de feno de cereais (alfafa, palhada de aveia, trigo, centeio, etc.).



Figura 14 – *Baler twine*
Fonte: (SILVA et al., 2008)

A produção do fio *baler twine* é realizada na seguinte forma:

Na primeira etapa da industrialização do *baler twine* utilizam-se dois tipos de máquina: as "espalhadeiras" ou máquinas *Goods* e as "penteadeiras" ou "passadeiras". O processo inicia-se nas máquinas *Goods*, em número de quatro, e tem a finalidade de pentear, estirar e arrumar as fibras por meio de esteiras dotadas de agulhas, formando mechas com fibras paralelizadas, arrumadas em forma de rolo padronizado e regular, medindo aproximadamente 150 m de comprimento e peso ao redor de 90 kg. Os rolos alimentam as "passadeiras", em número de quatro, e têm a função de promover a "estiragem" das fibras, através de engrenagens, tornando as mechas da fibra ainda mais padronizadas e regulares. Nessas máquinas são produzidos tambores individuais com peso de 40 kg e mechas bem regulares e prontas para alimentar a segunda etapa do processo, que é o de fiação. As "fiadeiras" são máquinas compostas por gaiola de alimentação, camada de agulhas, cilindro *draft* (estiragem e torção), conjunto de fusos e seção de bancadas. O tamanho de cada "fiadeira" é determinado pelo seu conjunto de fusos, sendo a de 24 fusos a mais usual para produzir o *baler twine*. A camada de agulhas, composta de barretas com três séries de agulhas, tem a função de puxar as mechas e enviá-las ao cilindro de *draft* que, além de estirá-las, torce as mechas, produzindo o fio. É regulado por meio de engrenagens, selecionadas em função do título do fio (155, 200 ou 270 m/kg), ou seja, de acordo com a gramatura (diâmetro) pré-estabelecida. Na seção de bancadas localizam-se os carretéis, que recebem os fios do cilindro *draft* e os conduzem às "bobinadeiras", que são máquinas destinadas ao enrolamento dos fios em forma de bobinas; a seguir, as bobinas de fio são envolvidas numa cinta de papel tipo *Kraft*, que as protege contra todo tipo de sujeira, estando prontas para o processo de embalagem. Para a embalagem, sempre se utiliza um saco de papel composto de várias camadas para proteção e especificação do produto. Toda a fabricação de fios destinados ao uso agrícola (*baler twine*) obedece a padrões internacionais, que determinam rígido controle de torção, diâmetro e grau de oleosidade. Normalmente, o *baler twine* tem classificação em quatro níveis de diâmetro e comprimento, internacionalmente diferenciado pelo número de pés por metro; tem-se o fio com 7.200 pés, o de 9.000 pés, o de 10.000 pés e o de 16.000 pés. O cliente escolhe cada um em função do tipo de equipamento de que dispõe para o enfardamento e do tipo de enfardamento que vai fazer para o feno. Fardos quadrados normalmente na prensagem recebem maior pressão e exigem fios mais grossos; os fardos redondos recebem menor pressão e podem ser amarrados com fio mais fino, como o de 16.000 pés; desta série de fios, os que mais se destacam são o de 9.000 e o de 16.000 pés (SILVA et al., 2008).

6.2 Cordoalha

A fibra de sisal também é matéria prima para a indústria de cordoalha, que, conforme Silva et al. (2008) é um setor que inclui fios, barbantes, cordéis para embalagem e todas variedades de cordas utilizadas na agricultura, pecuária, indústria e no comércio. Além da indústria da cordoalha e da produção do fio *baler twine*, a fibra do sisal dá origem a outros produtos, como: barbante singelo (tipo o fio *baler twine*, porém com fiação mais fina), fio não oleado, devido à suma composição na emulsão; cordéis, assim conhecidos por serem formados por dois ou três fios (não oleados) retorcidos e cordas, fabricadas tanto com fios oleados (*baler twine*) como com fios secos (sem óleo), têm diâmetro que varia conforme a aplicação desejada pelo cliente.

Para a fabricação de cordas calibradas, os fios precisam ter melhor acabamento, eliminando-se os "pelos" (fibrilas que se destacam ao longo do corpo do fio) utilizando-se, para isto, máquinas "barbeadeiras" que contêm lâminas com grande poder de corte, deixando o fio com máxima regularidade. Esse tipo de corda destina-se às indústrias e aos fabricantes de cabo de aço, que as utilizam como "alma", ou seja, entram no centro do cabo de aço, principalmente dos cabos destinados a usos especiais, como os de elevadores. A corda calibrada de sisal, por ser de fibra natural, permite melhores condições de trabalho para o cabo de aço, no que diz

respeito à sua lubrificação interna, vez que no processo de produção dos cabos de aço aplicam-se, sobre a corda, produtos lubrificantes. Antigamente, também se utilizava o sisal para fabricação de cabos para uso marítimo. Esses cabos recebiam tratamento à base de alcatrão e outros agentes químicos para proteção contra o desgaste pela água salgada do mar, que possibilitava sua utilização na amarração de navios nos portos. Atualmente, com o surgimento das fibras químicas e petroquímicas, como a poliamida (nylon), o polipropileno, o poliéster e o polysteel, o sisal perdeu esse tipo de utilização porque sua durabilidade e resistência são bem inferiores às dos sintéticos (SILVA et al., 2008).

Além das cordoalhas e do fio *baler twine*, as fibras do sisal são aplicadas nas indústrias do papel *Kraft*, na construção civil, produção de tapetes e de sacarias e no setor de artesanatos.

6.3 Aproveitamento dos resíduos do sisal

Conforme Andrade (2008), uma pequena porcentagem é aproveitada da folha do sisal. Já os resíduos sólidos do desfibramento do sisal, representam 14% da folha. Os resíduos do sisal constituem de suco ou seiva vegetal, partículas de tecido parenquimatoso esmagado e de pedaços de folhas e fibras de diferentes tamanhos. No Brasil, esses resíduos também são conhecidos como bagaço e, geralmente, abandonados no campo, sendo poucos os produtores que os utilizam como adubo ou alimento para ruminantes (FIG. 15).



Figura 15 – Animais se alimentando dos resíduos do desfibramento do sisal
Fonte: (SILVA et al., 2008).

Quando utilizados como adubo, os resíduos são distribuídos na própria cultura, nas áreas circunvizinhas ao motor, nos dois lados das fileiras. Além da fertilização, este material servirá para evitar o desenvolvimento de ervas daninhas e aumentar a retenção de umidade pelo solo. Como alimento, é normal observar bovinos, ovinos e caprinos se alimentarem espontaneamente do monte de resíduo do desfibramento, em estado fresco, sendo que, desta forma, se apresenta com algumas restrições pela presença de grande quantidade de fibra (bucha) e suco (seiva), que pode causar problemas de ordem sanitária aos animais, como fitocongressões, nefropatias e distúrbios nervosos. Assim, a Embrapa Algodão desenvolveu um equipamento de concepção simples e de baixo custo (peneira rotativa), para separar a bucha da mucilagem, viabilizando esta última como volumoso para compor uma ração animal. Esta peneira deverá ser instalada próximo à máquina desfibradora para aproveitar todo o resíduo produzido no processo de desfibramento. O uso do resíduo do sisal (bagaço ou polpa) como volumoso associado a outros ingredientes para alimentação animal é importante, sobretudo, em regiões com carência em oferta de pastagem em determinadas épocas do ano. Esta prática é utilizada no México e em países do continente africano, com significativo ganho de peso dos animais. Entretanto, é de fundamental importância conhecer a composição química e o valor nutritivo do resíduo para ser complementado com outros

ingredientes, visando a fornecer aos animais uma ração com maior equilíbrio. Em exame bromatológico da mucilagem, foram observadas altas concentrações de cinza e cálcio, além de baixos teores de proteína bruta e fósforo, razão pela qual a utilização dos resíduos de sisal como alimento para os ruminantes necessita de conhecimento adequado dos seus componentes. Para se viabilizar uma ração equilibrada, é conveniente a adição de elementos que estejam ausentes; por exemplo, o bagaço e a polpa são deficientes em nitrogênio, ocorrendo, portanto, necessidade de ser adicionada à uréia como elemento responsável para elevação dos níveis deste mineral e à conversão do nitrogênio não protéico (NNP) em proteína, pela microbiota do rúmen. Tanto o bagaço quanto a polpa, de forma fresca ou fermentada, apresentam valores de pH que oscilam entre 3,8 e 5,2 e, quimicamente, são compostos por saponina (hecogenina), carboidratos (monossacarídeos, hemicelulose e celulose), pectina, ácidos orgânicos (málico, cítrico e oxálico), clorofila, caroteno e lignina (ANDRADE, 2008).

6.4 Novas oportunidades para fibra do sisal

Conforme Andrade, Ornelas e Brandão (2011) do processamento de desfibramento do sisal, apenas 4% da folha é aproveitada como fibra, 16% como resíduo sólido e 80% como resíduo líquido. Porém recentemente, novas tecnologias de aplicabilidade desses resíduos vêm surgindo em diversos setores.

- Compósitos plásticos: com a necessidade de se produzir produtos cada vez mais limpos, objetivando reduzir a utilização de produtos a partir das reservas naturais, a exemplo do petróleo, a fibra de sisal, surge como opção para ser utilizada na produção de compósitos. Em 2008, a Ford, empresa do setor automotivo, apresentou, no salão do Automóvel em São Paulo, um veículo com alguns componentes plásticos (painéis e revestimentos internos, dentre outros) contendo fibra de sisal, polipropileno virgem e polipropileno reciclado. Estima-se que em cada veículo produzido seja utilizado 9 kg de fibra de sisal. Vale a pena salientar que essa nova aplicabilidade em forma de compósitos plásticos pode se estender aos setores de eletrodomésticos e de informática, dentre outros.
- Líquido do sisal ou suco do sisal: responsável por 80% do peso da folha do sisal é deixado nos campos sem nenhum tipo de utilização. Porém, alguns estudos preliminares constataram a eficácia da utilização do resíduo líquido, como bioinseticida e bioherbicida, em culturas a exemplo, milho e algodão. A eficácia, eficiência e viabilidade da utilização do resíduo líquido do sisal são objetos de estudos utilizando recursos disponibilizados pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO, em parceria com a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado da Bahia e o Sindicato das Indústrias de Fibras Vegetais no Estado da Bahia – SINDIFIBRAS.
- Briquetes: no sistema de produção de sisal, alguns tratamentos culturais são essenciais para a manutenção da produção ou, até mesmo, para o aumento da produtividade. Dentre eles, podemos destacar a retirada do excesso de perfis que crescem na base da planta “mãe”, assim como a retirada das socas – como é conhecida a planta que completou seu ciclo de vida, ambos possuidores de altos teores de fibra. Análises realizadas pelo Instituto Tecnológico do Paraná sobre o poder calorífico desses materiais, depois de transformados em briquetes, demonstraram potencialidade para a utilização como fonte de energia, podendo ser empregados nos fornos das panificadoras da região sisaleira, dentre outros, evitando a devastação da vegetação nativa do semiárido baiano. Contudo, se faz necessário ampliar as pesquisas sobre sua utilização, assim como estudos de viabilidade técnica econômica (ANDRADE; ORNELAS; BRANDÃO, 2011).

Conclusões e recomendações

O sisal tem como característica principal o conhecimento de ser a maior fonte de fibras duras do mundo. Conforme Suinaga, Silva e Coutinho (2006) os principais produtores no Brasil são as regiões semiáridas dos Estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte,

regiões com escassez ou nenhuma possibilidade de alternativa para exploração de outras culturas e o aproveitamento da fibra do sisal traz muita rentabilidade econômica em divisas para o Brasil, gerando empregos diretos e indiretos devido à sua cadeia produtiva, uma vez que o seu cultivo é responsável por fixar famílias à região semiárida nordestina.

Mesmo diante desta importância do sisal, tem-se constatado um declínio contínuo desta cultura, com reduções da área cultivada, produção e produtividade. Conforme Suinaga, Silva e Coutinho (2006) vários aspectos têm contribuído para esta decadência, dentre os quais o baixo índice de aproveitamento da planta de sisal (somente 4% das folhas colhidas se convertem em produto vendável); a concorrência com as fibras duras sintéticas; o elevado custo inicial para a produção da monocultura sisaleira; a falta de variedades adaptadas às regiões produtoras; o não aproveitamento dos resíduos do desfibramento, doenças e o manejo deficitário da fertilidade dos solos.

Para resolver esta situação, novos sistemas de produção vêm sendo desenvolvidos, a fim de viabilizar a competição da fibra com os fios sintéticos, a redução dos custos de produção, o aproveitamento dos subprodutos do desfibramento e a garantia de uma maior eficiência no processo de descortçamento, fatores fundamentais para aumentar a sustentabilidade da cultura sisaleira e promover a inclusão social das comunidades que subsistem desta atividade agrícola.

A saída é o aproveitamento intenso das fibras, para a fabricação de novos produtos para diversos ramos industriais (química, alimento, cosméticos, etc.), comerciais e artesanais.

Referências

ANDRADE, Wilson. **O sisal do Brasil**. Salvador: Brazilian Fibres, 2008. Acessado através do link <http://www.brazilianfibres.com.br/?page_id=17&lang=pt> em 11/07/2012.

ANDRADE, Robson; ORNELAS, Jackson; BRANDÃO, Weliton. A situação atual do sisal na Bahia e suas novas possibilidades de utilização e aproveitamento. Salvador, **Revista Bahia Agrícola**, v. 9, n. 1, nov. 2011. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/3_comunicacao01v9n1.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2022.

APRENDA CULTIVAR. Blog. **Sisal – planta polivalente, mas de muito sofrimento**. [S.l.], 2010. Disponível em: <<https://multiflorafernandopolis.blogspot.com/2010/01/sisal-planta-polivalente-mas-de-muito.html>>.

BOCK, K. R. Diseases of sisal. **World Crops**. Massachusetts, v. 17, n.1, p.64-67, 1965.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 211, de 22 de abril de 1975. Aprova as especificações em anexo para a padronização, classificação e comercialização interna do Sisal Bruto. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 de maio de 1975. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=imprimirAto&tipo=POR&numeroAto=00000211&seqAto=000&valorAno=1975&orgao=MAPA&codTipo=&desItem=&desItemFim=>>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 71, de 16 de março de 1983. Aprova as Normas de Identidade, Qualidade, Apresentação e Embalagem da Fibra Beneficiada de Sisal ou Agave e seus Resíduos de Valor Econômico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 de março de 1983. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=571046430>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

COMPANHIA SISAL DO BRASIL. **Matéria-prima**. Tibiri Santa Rita: COSIBRA, [20--?]. Disponível em: <http://www.cosibra.com.br/materia_prima.php>. Acesso em: 23 mai. 2022.

DOOP, J. E. A. The utilization of sisal waste in Java and Sumatra. Part. V. **East African Agricultural Journal**, v. 5, p.312-320, 1940.

GLOBO RURAL ONLINE. CONAB realiza leilões de arroz e sisal. **Revista Globo Rural**, São Paulo, n. 306, 27 abr. 2011. Disponível em:
<<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI228823-18078,00-CONAB+REALIZA+LEILOES+DE+ARROZ+E+SISAL.html>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

INSTITUTE FOR INDUSTRIAL CROPS. **Graphical sisal story**. Pretoria, South Africa: ARC LNR, 2010. Disponível em:
<<https://www.arc.agric.za/arc-iic/pages/graphical-sisal-story.aspx>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

LIMA, E. F. et al. Podridão vermelha do tronco do sisal (*Agave sisalana* Perr.) causada por *Botryodiplodia theobromae* Pat. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p.109-112, 1998. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/280306443_PODRIDAO_VERMELHA_DO_TRO_NCO_DO_SISAL_Agave_sisalana_Perr_CAUSADA_POR_BOTRYODIPLODIA_THEOBROMAE_PAT>. Acesso em: 23 mai. 2022.

MALAVOLTA, E. Sisal (*Agave sisalana* Perr.). In: **International Fertilizer Industry Association (IFA) World Fertilizer Use Manual**. Paris, 1996.

MEDINA, J. C. Multiplicação do sisal (*Agave Sisalana* Perrine) por bulbilhos e rebentões e métodos de preparo e plantio das mudas. *Revista Brasileira de Botânica*, Bragantia, v. 22, n. 45, p.559-574, 1963. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/brag/a/RG94QVhXRDQswgcr6fZrnkd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

SILVA, Odilon Reny Ribeiro Ferreira da et al. Cultivo do sisal no nordeste brasileiro. **Circular Técnica**. Campina Grande, PB, n. 123, jul. 2008. Disponível em:
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA-2009-09/22318/1/CIRTEC123.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

SILVA, O. R. R. F.; BELTRÃO, N. E. de M. (Org.). **Agronegócio do sisal no Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CNPA, 1999. 205 p. Disponível em:
<<https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00064760.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

SOUZA, R. B. et al. **Uso da fibra do sisal para confecção de fios e cordas**. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, Campina Grande, PB, Agronegócio do sisal no Brasil. Campina Grande, 1998. p.145-160. Disponível em:
<<https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00064760.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

SOUZA SOBRINHO, J. et al. **Estudo sobre competição das variedades híbrido 11.648 e *Agave sisalana* na zona fisiográfica tabuleiro**. Salvador: Companhia de Celulose da Bahia, 1985.

SUINAGA, Fábio Akiyoshi; SILVA, Odilon Reny Ribeiro Ferreira da; COUTINHO, Wirtton Macedo. **Cultivo do sisal**. Campina Grande, PB: EMBRAPA Algodão, 2006. Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/sisal>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

Identificação do Especialista

Edésio Rodrigues Alvarenga Júnior

Anexos

CARACTERÍSTICAS DO SISAL EM PLANTIOS

Características das operações	Fileira Simples	Fileira Dupla
Preparo do solo	Exige preparo comum, sem esmero na operação	Exige preparo bem feito com vistas à menor incidência possível de ervas daninhas
Densidade de plantio	Densidade alta e, na medida em que a cultura é adensada, limita as operações mecanizadas para o controle das ervas daninhas	A densidade elevada de plantas permite a mecanização dos tratos culturais entre os pares de fileira dupla e os dificulta entre as fileiras formadoras destes pares
Consórcio	Permite o consórcio entre as fileiras, nos três primeiros anos, com culturas alimentares quando o consórcio é com bovinos, dependendo do espaçamento entre as plantas, permite o livre trânsito dos animais	Permite o consórcio entre as fileiras largas com culturas alimentares e forrageiras. O consórcio com bovinos apresenta limitações, por dificultar o trânsito dos animais entre as plantas, principalmente na fileira dupla
Capinas	Facilidades no controle das ervas daninhas entre as linhas e as plantas	Dificuldades no controle das ervas daninhas, em particular entre as fileiras duplas e as plantas
Roço	Facilidade para usar a roçadeira no controle das ervas daninhas	Permite o uso da roçadeira somente nas fileiras de espaçamentos mais largos
Rebentos	Permite melhor controle dos rebentos	Dificuldades no controle dos rebentos
Proteção ao solo	Menor proteção do solo contra erosão	Maior proteção do solo contra erosão
Corte e transporte das folhas	Maior facilidade de se proceder ao corte e ao transporte das folhas	Maior dificuldade de se proceder ao corte e ao transporte das folhas

Quadro 1 – Características do plantio sisal em fileiras simples e duplas

Fonte: (SILVA et al.; 2008).

IMAGENS DO SISAL



Figura 16 – Mudas de sisal em um viveiro
Fonte: (INSTITUTE FOR INDUSTRIAL CROPS, 2010).



Figura 17 – Doenças sobre as raízes de uma planta de sisal
Fonte: (INSTITUTE FOR INDUSTRIAL CROPS, 2010).



Figura 18 – Plantas maduras de sisal
Fonte: (INSTITUTE FOR INDUSTRIAL CROPS, 2010).



Figura 19 – Plantas de sisal colhidas
Fonte: (INSTITUTE FOR INDUSTRIAL CROPS, 2010).



Figura 20 – Plantas de sisal cortadas
Fonte: (INSTITUTE FOR INDUSTRIAL CROPS, 2010).

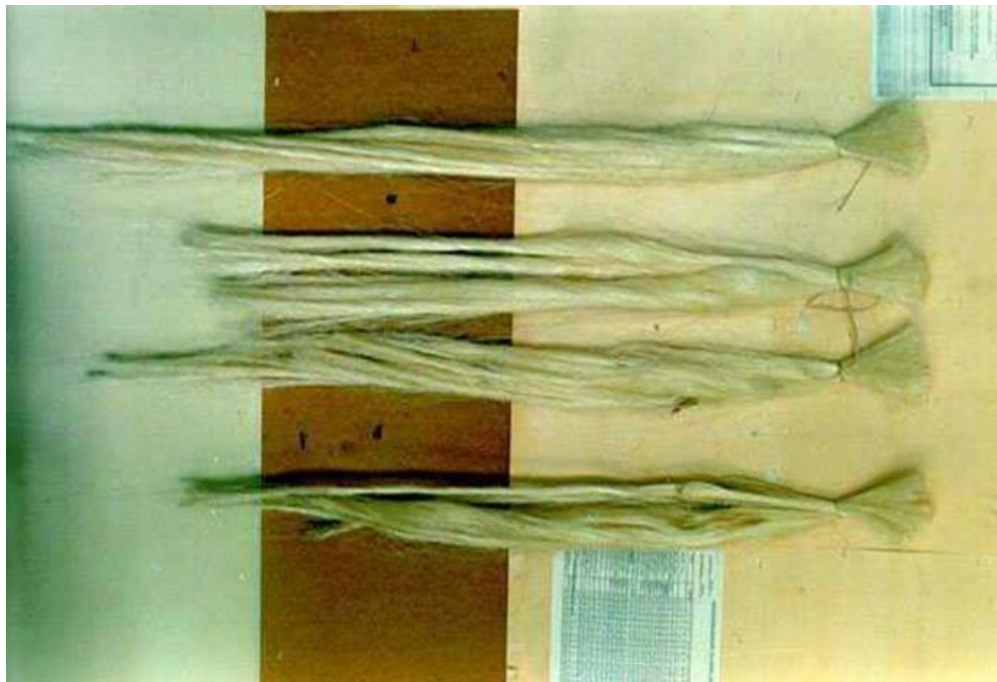


Figura 21 – Diferentes graus de fibras de sisal
Fonte: (INSTITUTE FOR INDUSTRIAL CROPS, 2010).



Figura 22 – Plantação de sisal
Fonte: (INSTITUTE FOR INDUSTRIAL CROPS, 2010).



Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

www.respostatecnica.org.br