

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC CÔNEGO JOSÉ BENTO
Técnico em Meio Ambiente**

**Ana Júlia Domingos da Silva
Gisele da Silva Borges
Mariana Oliveira Machado
Miriã de Moraes Soares
Roberta dos Santos Santana
Stéfany Vitória da Silva Seixas**

**TECIDO SINTÉTICO VEGANO: uma Abordagem Sustentável e
Ética na Indústria da Moda**

**Jacareí-SP
2024**

**Ana Júlia Domingos da Silva
Gisele da Silva Borges
Mariana Oliveira Machado
Miriã de Moraes Soares
Roberta dos Santos Santana
Stéfany Vitória da Silva Seixas**

**TECIDO SINTÉTICO VEGANO: uma Abordagem Sustentável e
Ética na Indústria da Moda.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Meio Ambiente da Etec Cônego José Bento, orientado pela Professora Aline Oliveira Figueiredo e Maria Regina da Silva Souto, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Meio Ambiente.

**Jacareí-SP
2024**

Agradecemos à ETEC Cônego José Bento por proporcionar um ambiente de aprendizado enriquecedor e por todo o apoio durante a realização deste trabalho. Em especial, gostaríamos de agradecer os professores: Aline de Oliveira Figueiredo, Elaine Maria Ragazzi e Maria Regina da Silva Souto pela dedicação e auxílio indispensáveis.

"A Terra fornece o suficiente para satisfazer as necessidades de todos os homens, mas não a ganância de todos os homens".

Mahatma Gandhi

RESUMO

O uso do cacto para produzir um tecido sintético vegano é uma alternativa sustentável para reduzir os impactos ambientais e diminuir os maus-tratos aos animais. Ao aproveitar os recursos naturais de forma eficiente, essa solução contribui para a redução da dependência de matérias-primas de origem animal, além de promover a sustentabilidade no setor têxtil. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um tecido sintético vegano a partir do cacto, buscando oferecer uma opção ecológica e ética para a indústria da moda. O cacto, especialmente a variedade conhecida como Nopal, possui fibras que, quando processadas, geram um material com características semelhantes ao couro, mas sem a exploração de animais. Esse tecido, além de ser biodegradável, possui boa durabilidade e resistência, evidenciando sua viabilidade como uma alternativa ao couro convencional. Ao ser utilizado na fabricação de roupas e acessórios, o cacto pode substituir matérias-primas prejudiciais ao meio ambiente, como o couro animal e os tecidos sintéticos derivados de petróleo. Portanto, a implementação desse material no mercado têxtil representa um avanço importante em direção a um futuro mais sustentável e ético.

Palavras-chave: Cacto; Couro; Indústria Têxtil; Moda; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Using cactus to produce a vegan synthetic fabric is a sustainable alternative to reduce environmental impacts and animal cruelty. By efficiently using natural resources, this solution contributes to reducing dependence on raw materials of animal origin, in addition to promoting sustainability in the textile sector. This work aims to develop a vegan synthetic fabric from cactus, seeking to offer an ecological and ethical option for the fashion industry. Cactus, especially the variety known as Nopal, has fibers that, when processed, generate a material with characteristics similar to leather, but without the exploitation of animals. This fabric, in addition to being biodegradable, has good durability and resistance, demonstrating its potential as an alternative to conventional leather. When used in the manufacture of clothing and accessories, cactus can replace environmentally related raw materials, such as animal leather and synthetic fabrics derived from petroleum. Therefore, the improvement of this material in the textile market represents an important step towards a more sustainable and ethical future.

Keywords: Cactus; Leather; Textile Industry; Fashion; Sustainability.

SUMÁRIO

1	Introdução.	1
2	Revisão de literatura.	6
2.1	Histórico produtivo dos materiais têxteis.	6
2.2	Tipos de processos de couro animal.	8
2.3	Impacto ambiental do couro.	12
2.4	Substituição do couro por tecido sintético.	16
2.5	Morfologia da <i>Cactaceae Opuntia ficus-indica</i>.	17
2.6	Propriedades físico-química do cacto <i>Opuntia ficus-indica</i> e seu fruto.	19
2.7	Tecido sintético vegano de cacto.	20
2.8	Sociedade e comportamento de consumo.	22
2.9	Revolução verde.	24
2.10	Legislação.	25
3	Metodologia.	28
3.1	Testes iniciais de formação de couro de cacto.	28
3.2	Eficiência do tecido TNT na secagem de couro de cacto.	30
3.3	Uso de peneiras e coadores na produção de couro de cacto.	31
3.4	Testes de peneiração e secagem em forno.	32
3.5	Método sem peneiração e secagem ao sol.	33
3.6	Método sem peneiração e sem casca.	34
4	Resultados e discussões.	36
5	Conclusão.	40
6	Referências.	41

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com questões e o bem-estar animal tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis em diversas indústrias, incluindo a da moda. Nesse contexto, o tecido sintético vegano emerge como uma solução inovadora que visa substituir materiais tradicionais, como o couro, sem comprometer a qualidade e a estética.

O consumismo é o consumo excessivo de bens materiais, além das necessidades básicas, o que prejudica o meio ambiente e a economia, explorando recursos naturais e gerando resíduos. Está ligado à cultura de massa e à desvalorização das relações sociais, onde o valor das pessoas é associado ao que possuem. Impulsionado por publicidade, moda e status social, o consumismo alimenta a busca constante por novidades e a insatisfação com o que já temos, criando um ciclo de compra e descarte.

O consumismo é uma sequência de desejos e anseios humanos, de modo permanente, para adquirir bens que excedem as necessidades de sobrevivência, comprando coisas de que não se necessita, sem ter dinheiro, apenas para impressionar os outros, buscando, com isto, um status aparente de poder (Moura, Roldão Alves, p. 8).

Com o crescimento da procura por produtos de moda e a expansão deste setor, tornou-se evidente o crescimento das emissões geradas durante o processo de produção. Diante desse cenário, a sociedade exerceu uma pressão para que tais setores adotassem práticas mais sustentáveis e começou-se a dar prioridade a este princípio antes de consumir.

É muito claro que veganos não utilizam tecidos ou peles como couro, lã e seda, mas o obscuro e perturbador processo para atingir esses produtos, não é visualizado pela indústria que explora, tortura e mata os animais para se beneficiar dos lucros, através de muito sofrimento e degradação ambiental. Animais como vacas, galinhas, ovelhas, porcos, lagartas de seda dentre outros animais, são domesticados, criados em fazendas industriais e são mortos às centenas de milhões todos os anos. Ao utilizar um tecido de seda, não se imagina o animal sendo mergulhado ainda vivo em tanques de água fervente iniciando o processo de desenlace do casulo para a produção de seda (Reia, 2023, p. 14).

A indústria da moda é extremamente lucrativa e influencia não apenas o que vestimos, mas também nosso comportamento de consumo. Ela é movida por ciclos rápidos de inovação, combinando design, tecnologia e estética para

criar produtos que se destacam. Empresários da moda, vistos como artistas, buscam sempre agregar valor e refletir diferentes culturas e tendências. No entanto, a moda também afeta outros itens do consumo, como eletrônicos, que rapidamente se tornam obsoletos. Essa dinâmica é alimentada pela habilidade dos líderes empresariais de manipular o desejo dos consumidores, fazendo-nos sentir a necessidade de acompanhar as últimas tendências, independentemente do real valor dos produtos.

O tecido sintético é feito a partir de fibras artificiais derivadas do petróleo, como poliéster, nylon e acrílico, sem o uso de produtos de origem animal. Ele é conhecido por sua resistência, secagem rápida e fácil manutenção, ao contrário dos tecidos naturais. No entanto, apresenta menor capacidade de respiração, o que pode tornar o contato com a pele menos confortável. Os materiais veganos, por sua vez, evitam a crueldade animal e têm menor impacto ambiental, sendo em sua maioria biodegradáveis e exigindo menos pesticidas e água em sua produção.

Segundo Domiraide (2023), os veganos não utilizam peles como couro, lã e seda, decorrente do processo feito para atingir esses produtos que não são divulgados pela indústria que explora, tortura e mata os animais para fins lucrativos, através da degradação ambiental e maus tratos aos animais.

A cultura do consumismo tem gerado sérias consequências ambientais, especialmente pela indústria têxtil, que é uma das principais fontes de poluentes. O processo de transformação do couro animal, com o uso de produtos químicos sintéticos, também causa grandes impactos ambientais. A indústria da moda, além de ser uma das mais lucrativas, é extremamente prejudicial ao meio ambiente e aos animais, com críticas ao uso de couro e outros materiais de origem animal devido ao sofrimento animal e aos danos ambientais, como a emissão de gases de efeito estufa e o desmatamento. Nesse contexto, o tecido sintético vegano surge como uma alternativa inovadora, oferecendo uma opção ética e sustentável, produzida a partir de materiais reciclados ou renováveis, contribuindo para a economia circular e a redução de resíduos.

Este estudo é justificado pela necessidade urgente de soluções mais sustentáveis e éticas na produção têxtil. Ao investigar os benefícios, desafios e perspectivas do uso de tecidos sintéticos veganos, esperamos fornecer insights

valiosos que possam incentivar a adoção dessa tecnologia por designers, fabricantes e consumidores. A relevância do tema se estende além do acadêmico, impactando diretamente a sustentabilidade ambiental e o bem-estar animal, e promovendo uma moda mais consciente e responsável.

Os principais impactos ambientais do processo produtivo de curtumes são o odor que incomoda o bem-estar público, eventual contaminação do solo e águas subterrâneas e prejuízo à qualidade dos corpos d'água. É mais comum que o Licenciamento Ambiental de curtumes aconteça em setor municipal ou estadual, em função da abrangência do impacto.

Atualmente, aproximadamente 80% do couro utilizado globalmente é direcionado para a produção de calçados. O restante é destinado a outros setores, como o automotivo, e também para a fabricação de artigos de moda, como bolsas, roupas, cintos e carteiras (Linger, 2012, p. 1).

Segundo Planalto, a Lei 4.888 vigente no Brasil desde 1965 assinada pelo Presidente da República da época, proíbe o uso da palavra “couro” para produtos que não sejam exclusivamente de pele animal. Sua infração é constituída como concorrência desleal prevista pelo artigo 165 do Código Penal, tendo uma pena de detenção do infrator de 3 meses a 1 ano.

Este trabalho tem como objetivo investigar a viabilidade, os benefícios e os desafios da utilização de tecidos sintéticos veganos na indústria da moda, com ênfase na sustentabilidade ambiental, no bem-estar animal e na aceitação pelo mercado consumidor. Para alcançar esse objetivo, serão realizados levantamentos de dados sobre a crueldade animal envolvida na produção de materiais tradicionais, como o couro, e será proposta uma alternativa mais sustentável por meio do uso de tecidos sintéticos veganos. Além disso, a pesquisa buscará analisar o impacto ambiental da indústria têxtil, focando em questões como poluição e contaminação geradas pelos processos produtivos convencionais. Como parte do estudo prático, será desenvolvido um tecido sintético a partir do cacto, visando demonstrar a aplicabilidade e os benefícios dessa alternativa no contexto da moda sustentável.

1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria do couro animal está associada a impactos ambientais negativos, contudo, uma alternativa é o couro vegano, proporcionando uma opção mais ética e sustentável. Enquanto a produção convencional de couro animal requer recursos naturais como a água. Nesse contexto, o couro vegano vem propor uma solução ecologicamente responsável e uma viabilidade econômica.

Os principais impactos ambientais do processo produtivo de curtumes são o odor que incomoda o bem estar público, eventual contaminação do solo e águas subterrâneas e prejuízo à qualidade dos corpos d'água. É mais comum que o Licenciamento Ambiental de curtumes aconteça em setor municipal ou estadual, em função da abrangência do impacto.

Atualmente, aproximadamente 80% do couro utilizado globalmente é direcionado para a produção de calçados. O restante é destinado a outros setores, como o automotivo, e também para a fabricação de artigos de moda, como bolsas, roupas, cintos e carteiras (Linger, 2012, p. 1).

Ademais, a consciência sobre essa opção de couro mais sustentável pode catalisar mudanças positivas na indústria da moda. A disseminação de informações sobre as práticas prejudiciais do couro convencional e as alternativas éticas contribuem para um consumo mais consciente. A mudança para opções como couro vegano não só representa uma escolha sofisticada, mas também uma decisão em prol da preservação do meio ambiente e do bem-estar animal.

Segundo Planalto, a Lei 4.888 vigente no Brasil desde 1965 assinada pelo Presidente da República da época, proíbe o uso da palavra "couro" para produtos que não sejam exclusivamente de pele animal. Sua infração é constituída como concorrência desleal prevista pelo artigo 165 do Código Penal, tendo uma pena de detenção do infrator de 3 meses a 1 ano.

Desta forma, o presente trabalho pretende descobrir como a prática do uso de tecido sintético produzido a partir do cacto pode ser uma alternativa ao couro convencional que promove a exploração animal, e como essa alternativa pode impactar a sustentabilidade no mercado da moda.

1.2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo produzir e analisar como o uso do tecido sintético vegano, proveniente de cacto, pode reduzir o impacto ambiental em comparação com materiais convencionais, considerando também questões éticas relacionadas à exploração animal na produção de tecidos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir o tecido sintético oriundo de cacto;
- Realizar levantamentos de dados relacionados a crueldade animal na indústria da moda;
- Buscar dados sobre poluição e contaminação das empresas têxteis;
- Propor uma alternativa sustentável a partir do tecido sintético.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nessa seção foram abordados temas como a história da utilização do couro, desde suas origens artesanais até a sua industrialização durante a Revolução Industrial. Destaca-se a expansão do uso do couro, mas também os problemas ambientais e éticos associados a ele, incluindo poluição e preocupações com o bem-estar animal. Uma alternativa sustentável ao couro animal é apresentada: o tecido vegano, desenvolvido por empreendedores mexicanos, que são amigos da natureza e livres de crueldade animal. O processo de fabricação do couro tradicional é detalhado, destacando seus impactos ambientais. Por outro lado, o cacto é mencionado como uma fonte versátil, não apenas para a produção de couro vegano, mas também para usos alimentares, medicinais e cosméticos. Em suma, o texto discute a transição para opções mais sustentáveis na indústria do couro, exemplificada pelo o tecido sintético de cacto, e seu potencial para reduzir o impacto ambiental e ético associado ao couro tradicional.

2.1 Histórico produtivo dos materiais têxteis

Os primeiros vestígios do uso de peles de animais remontam aos tempos pré-históricos, sendo a primeira vestimenta dos hominídeos (Figura 1), quando estes começaram a caçar animais para se alimentar. Descobriram então que as peles dos animais poderiam ser usadas para fazer roupas, sapatos e muito mais.

Figura 1: Primeira vestimenta dos hominídeos.



Fonte: grupoempire.com.br, 2018.

A idade média proporcionou diversos avanços na história do curtume. Artesãos começaram a desenvolver técnicas mais sofisticadas para o tratamento do material, que era empregado em uma ampla gama de itens.

Com o avanço tecnológico e o desenvolvimento de métodos de curtimento mais complexos, a produção e utilização do couro se expandiram ainda mais. Durante a Revolução Industrial, surgiram fábricas de curtumes e o couro tornou-se um material comercializado no mundo todo.

Nos dias atuais o couro continua sendo um produto amplamente utilizado, entretanto, com o aumento da conscientização ambiental e preocupações com o bem-estar animal, surgiram alternativas sintéticas ao couro, como por exemplo, o tecido sintético à base de cacto.

Deve-se ter conhecimento que a preparação do couro para o uso no vestuário, calçados e acessórios gera inúmeros problemas para o meio ambiente, como por exemplo a poluição dos rios, solos, do ar e desmatamentos. Além disso, o couro é um produto de origem animal e a sua utilização resulta, de certa forma, em maus-tratos e na morte de inúmeros animais para sustentar o mercado da moda (Rosa, 2019, p. 2).

“Em abril de 2018, de acordo com os resultados da pesquisa conduzida pelo IBOPE (IBOPE, 2018, p.24), aproximadamente 14% da população brasileira afirmou seguir uma dieta vegetariana.” Além disso, 55% dos entrevistados indicaram que aumentariam o consumo de produtos veganos se esses tivessem preços semelhantes aos produtos não veganos ou se fossem melhor recomendados. Adicionalmente, há uma tendência de crescimento nas buscas por produtos veganos nos próximos anos, com projeções indicando um aumento de duas a três vezes a cada ano. Isso sugere um aumento do número de pessoas que demonstram uma maior conscientização em relação à preservação do meio ambiente e ao bem-estar dos animais.

Conforme a lei Federal, nº 12.305/2010 — Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) promove diretrizes para a gestão de resíduos sólidos e para a logística reversa. A indústria têxtil gera uma quantidade significativa de resíduos e deve se adequar às normas de logística reversa para promover a reciclagem e o manejo adequado dos resíduos.

Em 2019, os empreendedores mexicanos Adrián López Velarde e Marte Cázarez desenvolveram e anunciaram o inovador “couro proveniente de cacto”

com o objetivo de promover uma indústria mais sustentável. Este material, livre de crueldade animal e isento de produtos químicos, representa uma alternativa eco-friendly. A inspiração para a criação do tecido surgiu da busca por uma opção ecológica que não prejudicasse os animais. Após extensa pesquisa iniciada em 2017, Velarde e Cázerez disseram na entrevista que identificaram na *Opuntia ficus-indica*, uma espécie de cacto encontrada na cidade de Zacatecas no México, a matéria-prima ideal.

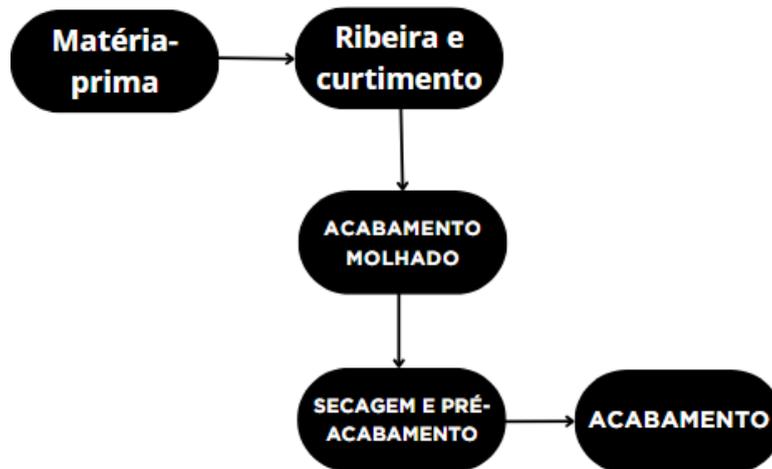
A aceitação dos nossos materiais sustentáveis, Desserto, na Lineapelle foi esmagadora, não esperávamos tanto interesse de tantas indústrias e designers diferentes de todo o mundo. Entre os muitos parabéns e comentários positivos, destacou-se que um palestrante da Lineapelle no fórum de inovação e sustentabilidade disse que o nosso material, de todos os materiais sustentáveis da feira, é o mais adequado para uso em marcas de luxo graças à sua flexibilidade, suavidade, toque e cor. Essa inovação representa um marco significativo rumo a práticas mais sustentáveis na indústria têxtil e em outros setores. O tecido a base de cacto apenas atende à demanda por materiais ecologicamente responsáveis, mas também abre portas para novas possibilidades criativas e comerciais em diversos segmentos (Velarde, Adrián López, 2019).

O resultado desse trabalho foi o Lineapelle, um tecido respirável composto pela mistura de cacto e algodão, disponível em diversas espessuras e com durabilidade de até 10 anos.

2.2 Tipos de processos de couro animal

O processo de transformação da pele de animais em couro envolve uma série de etapas para conferir resistência, durabilidade, entre outros. Essas etapas variam de acordo com o tipo de couro desejado e os métodos a serem utilizados. Os tipos de processos de couro animal vêm desde métodos tradicionais que fazem uso de ingredientes naturais até processos que utilizam produtos químicos sintéticos. A seguir será apresentado um fluxograma de processo químico (Figura 2).

Figura 2: Fluxograma do processamento de Couro animal.



Fonte: Autoras, 2024.

No Brasil, são gerados em grande quantidade os resíduos de curtumes, ocupando uma posição significativa, como produtor de couro, principalmente o bovino. Para produção o couro é curtido com sais de cromo, visando uma melhor resistência ao desgaste e corrosão, além da obtenção de um melhor acabamento, tornando-as mais flexíveis e macias, o que garante variedades de cores.

Para a separação das fibras presentes nos tecidos animais ,inicia-se o processo de caleiro através da ação química e mecânica, o que faz com que haja a abertura da estrutura fibrosa, proporcionando maciez e limpeza interna da pele, consistindo na depilação do tecido e na remoção da epiderme, sendo necessário ter um bom descarne e divisão para uma boa penetração do píquel, cromo e outros. Um caleiro malconduzido proporciona o aparecimento de rugas, nobucamento de flor, couros duros, perda de metragem, desuniformidade nas diversas regiões do mesmo, causando problemas de atravessamento do píquel, curtimento, tingimento e engraxe. (Brito, 2013, p.6).

O processo de desencalagem tem o intuito de remover as substâncias alcalinas que são depositadas, como as quimicamente combinadas. Para iniciar o processo é necessário fazer uma lavagem de remoção da cal não combinada, e as impurezas que são causadas pela degradação do sistema epidérmico nas etapas anteriores (Oliveira, 2022, p.8)

Na lavagem é realizada a aplicação de produtos químicos que vão reagir com a cal transformando em produtos de alta solubilidade, que serão removidos durante a lavagem. A cal presente no tecido deve ser completamente removida

nessa etapa, pois o cálcio dificulta a ação de curtantes, recurtantes, engraxantes e corantes tornando-se desnecessário. Essa etapa reverte a ação de inchamento que ocorreu nas etapas anteriores. (Oliveira, 2022, p.12).

O processo de Píquel envolve a aplicação de uma solução ácida de sulfeto de sódio e hidróxido de sódio para remover o pelo, a epiderme e outros tecidos indesejados da pele animal. Isso prepara a pele para os estágios subsequentes de curtimento e acabamento. Esse processo é importante para obter couro de alta qualidade, como maciez e resistência (Brito,2013, p.4).

Tornando possível a reutilização de grande parte dos volumes de água gerada nos processos anteriores, porém esse processo complica a segurança ambiental, devido a quantidade de substâncias com grande poder de acidez utilizadas. Segundo Oliveira (2022, p.9), essas matérias primas são incompatíveis com uma grande quantidade de outras substâncias, e em contato com elas, em caso de vazamento, pode acontecer reações químicas com desprendimento de gases tóxicos e nocivos para saúde e para o meio ambiente.

O curtimento é a fase em que a pele é tratada, sendo adicionado substâncias químicas para evitar a decomposição e adquirir características desejadas, como durabilidade e flexibilidade. O principal objetivo é evitar que ela se deteriore e se decomponha e estabilize as fibras de colágeno na pele, tornando-a resistente à decomposição e mais adequada para uso em produtos como sapatos, bolsas e roupas (Aquim, 2014, p.3).

É a etapa principal da produção, em que a pele se transformará em um material com as características que se espera de um couro comercial, ou seja, sua conversão para um material estável e não perecível. Tal processo, é realizado com a adição de bicarbonato de sódio e sulfato de cromo, como agente curtidor, portanto, é justamente nessa etapa em que o cromo, protagonista do corrente documento, é adicionado na cadeia produtiva do couro (Martins, 2022, p.5).

A basificação ocorre após o curtimento. Ela envolve a imersão da pele curtida em uma solução alcalina, geralmente contém hidróxido de sódio ou hidróxido de amônio. Esse processo ajuda a neutralizar qualquer acidez residual na pele após o curtimento e também aumenta a solubilidade do colágeno, tornando-o mais receptivo aos produtos químicos usados nos estágios subsequentes de acabamento, como tingimento e envernizamento.

Os processos de lavagem e remolho são essenciais para definir a qualidade do couro, desde que o "wet blue" esteja de acordo com os padrões

normais. O remolho tem como objetivo principal retirar sujidades, equalizar o pH das fibras, reumectar as fibras, redistribuir o cromo não ligado, reduzir o efeito de "exalação", e preparar o couro para tingimento uniforme, recurtimento regular, toque agradável e sem trincas.

Dessa forma, apenas uma pele pode ser suficiente para a geração de duas ou mais unidades de couro. Para a uniformização da espessura do couro gerado, é aplicado um lixamento na sua superfície, por uma máquina de nome Rebaixadeira, que gera o couro Wet-Blue uniforme e os resíduos estudados neste trabalho (Martins, 2022, p.6).

Segundo Oliveira (2022, p.13), “Avos econômicos recromagem é uma fase muito importante no tocante à uniformização do couro. Por motivos ecológicos a oferta de cromo no dia a dia vem diminuindo a limites mínimos de segurança, daí a necessidade de aporte complementar de cromo, o que também causa problemas ecológicos no processo de recurtimento e ainda mais difíceis de serem resolvidos. Por estas e outras razões que preparamos um trabalho completo de redução de cromo residual no curtimento e recurtimento, o qual poderemos apresentar em outra oportunidade.”

O Recurtimento é o último processo de tratamento de couro que utiliza de cromo com uma série de produtos como taninos vegetais, sais de cromo, taninos sintéticos fenólicos, naftênicos ou combinados, entre outros para a obtenção de características bem específicas que são: enchimento, firmeza, finura da flor, compactação ou esponjosidade de fibras, gravabilidade ou lixabilidade, elasticidade e memória elástica do couro, tendo assim o resultado final desejado.

Após esse processo o couro passa por processos de rebaixamento, neutralização e lubrificação, que ajustam o pH, a espessura e a flexibilidade do material.

2.3 Impacto ambiental do couro

O couro é um material primário que é bastante utilizado na indústria da moda e em mobílias. Entretanto, o processo de produção do couro pode causar um grande impacto no meio ambiente. Diversas etapas do processo para transformar pele de animal em couro podem gerar emissões poluentes, consumo de recursos naturais e resíduos tóxicos.

Alguns desses impactos estão relacionados ao uso de produtos químicos

que são frequentemente utilizados, como cromo, aldeídos e solventes, estes produtos podem contaminar a água e o solo, representando riscos à saúde humana e aos ecossistemas. Durante essa produção grandes volumes de água são utilizados, tanto na criação do gado quanto no processamento do material, podendo levar à escassez hídrica, em regiões onde os recursos hídricos são limitados.

Na etapa de curtimento uma quantidade significativa de resíduos sólidos e líquidos são gerados, podendo ser poluentes e, caso não tratados adequadamente, podem contaminar o meio ambiente, prejudicando a vida aquática e a saúde das comunidades locais.

A expansão de pastagens na criação de gado, para a produção de couro é uma das principais causas do desmatamento, levando à perda de biodiversidade e ao comprometimento dos serviços ecossistêmicos. Esse desmatamento e a criação de gado, são uma das principais contribuidoras da emissão de gases de efeito estufa, liberando metano e carbono na atmosfera, intensificando as mudanças climáticas.

Com o passar dos anos e o aumento da população, houve um crescimento na indústria e no consumo no qual tornaram-se um dos principais agentes da aceleração do esgotamento de recursos naturais e do acúmulo de resíduos gerados. Os curtumes utilizam um nível elevado de água por serem realizados em meio aquoso.

As indústrias coureiras (Figura 3) têm contribuído com poluição ao meioambiente, desde da etapa da conservação da pele até o acabamento final. A redução dos poluentes aumenta a produtividade da empresa, permitindo a produção de serviços com menos matéria-prima. O desenvolvimento de novas tecnologias para a diminuição de substâncias químicas, é importante para adiminuição de danos para os seres vivos e o meio ambiente.

Figura 3: Indústria coureira.



Fonte: Manutenção em foco, 2021.

De acordo com a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

Durante o curtimento, os efluentes são caracterizados pela presença de metais, como o cromo (III) e outros curtentes, e pH ácido. Nas etapas finais, embora a carga orgânica seja relativamente reduzida, os efluentes caracterizam-se pela quantidade de substâncias solúveis ou em emulsão presentes, dentre elas os corantes, tensoativos, recurtentes sintéticos e óleos que dificultam o reuso da água. Se essas substâncias tiverem contato com o solo, ocorrerá a contaminação dos lençóis freáticos e outras fontes de água potável, além de conter substâncias cancerígenas.

O processamento mecânico produz grandes quantidades de resíduos sólidos, como, resíduos cárneos, pelos, resíduos de aparas e material subcutâneo do processo de abate, raspa obtida na divisão do couro, farelo da etapa de rebaixamento para ajuste da espessura do couro e pó de lixamento. As operações após o curtimento com cromo geram resíduos perigosos, o que limita a sua utilização. Norma Regulamentadora Brasileira nº 1.004 (ABNT, 2004b). A Associação Brasileira de Normas Técnicas classifica esses resíduos sólidos da indústria do couro como perigosos e é comum que sejam descartados em aterros de resíduos industriais perigosos.

Os curtumes poluem não somente a água, mas também o ar e o solo. A contaminação hídrica (Figura 4) ocorre tanto em águas superficiais quanto em águas subterrâneas, devido aos efluentes líquidos gerados no processo de curtimento. No ar ocorre a emissão de odores que causam desconforto à vizinhança dos curtumes. No solo, o tratamento dos efluentes geram resíduos sólidos, designado por lodo, contendo cromo e contaminando o solo fazendo com que fique inutilizado por várias gerações.

Figura 4: Poluição de curtumes.



Fonte: liberdadeliberdade 2, 2015.

De acordo com Mota (2001, p. 4), a indústria do couro atua como uma fonte de poluição devido à alta concentração de compostos orgânicos, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), sulfetos nas águas residuárias, cromo e resíduos sólidos orgânicos.

Segundo Class & Maia (1994), o cromo é amplamente utilizado na indústria metalúrgica. As propriedades da pele e do efluente deste tipo industrial são de 15 mg L⁻¹ cromo em indústrias com sistemas de reciclagem 94 mg L⁻¹ em indústrias sem sistemas de reciclagem. A toxicidade depende do seu estado de oxidação.

Reações químicas que convertem o Cr (III) a Cr (VI) e vice-versa poderão ocorrer naturalmente no meio, embora a forma hexavalente, em geral, apresente-se em menor concentração. Assim, deve-se considerar a possibilidade de despejos de íons Cr (III), que mesmo não sendo tão nocivos, podem causar efeitos maléficos quando em elevadas concentrações (Von Sperling, 1995, p. 24).

Considerando essas características, nota-se que existem muitos contaminantes associados aos curtumes, sendo os mais graves os que estão ocorrendo nos cursos de água. Essa carga contaminante é o resultado de todas as etapas do processo. Todas as etapas são mostradas na figura 3 citada no texto acima.

Durante esse processo se utiliza muitos sais amoniacais para realizar a reação química com o Hidróxido de Cálcio, são despejados na estação de tratamento de efluente. Como os sais amoniacais são de difícil remoção, acaba sendo despejado nos rios e lagos, e com o aumento de nitrogênio do meio, temos a eutrofização que é o crescimento de algas marinhas que diminui a oxigenação da água levando a morte de peixes com o passar do tempo.

No quadro 1 identifica-se os principais resíduos gerados pelo processamento do couro e seus impactos ambientais.

Quadro 1: Poluentes e impactos ambientais potenciais de cada etapa do processamento do couro.

ETAPA	POLUIÇÃO	POLUENTE	IMPACTO AMBIENTAL
Conservação e armazenamento de peles	Gasosa	NH ₃ , COV*	Odor desagradável
	Líquida	Líquidos eliminados pelas peles e restos animais	Contaminação das águas superficiais

	Resíduos sólidos	Restos animais	Contaminação dos solos e das águas subterrâneas
Ribeira	Gasosa	H ₂ S, NH ₃ , COV*	Odor desagradável
	Líquida	Cal, sulfeto de sódio, cloreto de sódio, aminoácidos e albumina	Contaminação das águas superficiais
	Resíduos sólidos	Restos animais (Colágeno, tecido muscular, gordura e sangue)	Contaminação dos solos e das águas subterrâneas
Curtimento	Líquida	Ácidos minerais e orgânicos cromo, taninos	Contaminação das águas superficiais
Acabamento	Gasosa	COV*	Odor desagradável
	Líquida	Banhos residuais contendo cromo, taninos, sais, corantes e óleos.	Contaminação das águas superficiais
	Resíduos sólidos	Restos de couro (Pó, farelo, recortes semiacabados e acabados); pó de lixa; resíduos de tintas e resinas.	Contaminação dos solos e das águas subterrâneas

Fonte: Pacheco, 2007.

Para mitigar esses impactos, é essencial adotar práticas mais sustentáveis e buscar alternativas ao couro convencional, como os tecidos sintéticos vegano e materiais reciclados.

2.4 Substituição do couro por tecido sintético

A substituição do couro animal por tecido sintético, vem sendo muito utilizado em fábricas têxteis, pelo custo mais baixo da produção ou por opção de

não utilizar couro animal. O material de substituição do couro é formado por elementos químicos que são desenvolvidos em laboratório. O aumento do comércio e o consumo dos materiais sintéticos, o valor do couro acabou sendo tomado de forma errada pelos materiais não naturais. Os materiais sintéticos utilizados são: poliuretano, polivinílico e polipropileno.

De acordo com a Lei nº 4.888, que é vigente no Brasil desde 1965, proíbe a utilização do termo “couro” em produtos que não tenham sido obtidos exclusivamente de pele animal, assim como também pune quem usa a expressão couro legítimo. Esse regulamento é de extrema importância para evitar a falsificação e a enganação do consumidor.

As empresas de calçados são uma das que mais utilizam o couro animal nas produções, porém, a indústria vem atualizando e diversificando essa prática aplicando os materiais sintéticos como, laminados, injetados e vulcanizados.

Segundo Teixeira (2019), a indústria de calçados é a que mais demanda a fabricação do couro animal. O uso para estofados ainda é uma falha no mercado interno. Cerca de 70% da população desde de 1980 era dirigido para a produção de calçados, em 1990 distribuiu 45% calçadistas, 35% estofados e 20% artefatos permanecendo até os dias atuais.

A falta de planejamento, de estruturação da atividade industrial, agrícola ou de quaisquer outras áreas pode impactar negativamente no meio ambiente. Esse impacto altera a qualidade de vida da população, através do desconforto causado por ruídos, contaminação do ar, do solo e das águas, além da depredação das matas e a exploração indiscriminada de recursos minerais (Furtado 1988).

A Organização das Nações Unidas, por meio da UNIDO/UNEP, desenvolve desde 1989 as “Técnicas de Produção Mais Limpa” (PML ou P+L), que buscam aumentar a produtividade com menor impacto ambiental. Essas técnicas envolvem a coleta e análise de dados operacionais, implementando melhorias e monitoramento contínuo, além de promover uma mudança na filosofia empresarial para garantir eficácia e permanência. A P+L substitui a abordagem “end of pipe”, focando na prevenção e eliminação de resíduos em vez de apenas tratá-los. Assim, a reciclagem não é considerada P+L, pois está relacionada a tecnologias de fim de tubo.

2.5 Morfologia da *Cactaceae Opuntia ficus-indica*

Os cactos, da família *Cactaceae*, são plantas adaptadas a ambientes secos, com caules volumosos e espinhos que retêm até 92% de água. Variam em forma e tamanho, e a espécie *Opuntia ficus-indica* tem importância medicinal, sendo usada como diurético, analgésico e antibiótico, tradição mantida por tribos indígenas do México e na Bahia.

Inclusive seu uso medicinal, suas propriedades estruturais e fitoquímicas permitem que as fibras sejam aplicadas em materiais compósitos, ampliando sua utilidade. Assim, os cactos não apenas desempenham um papel ecológico importante, mas também oferecem benefícios significativos para a saúde e a indústria.

A parte aérea da planta é um caule modificado composto por segmentos chamados cladódios (Figura 5), que possuem folhas carnudas, mas estão interligados. São planas e de formato oval, com 60 a 70 cm de comprimento e 2 a 3 cm de espessura. (Chaves, 2008).

Figura 5: Cladódios de *Opuntia ficus-indica*



Fonte: Adaptada da Agência Sergipe de Notícias, 2017.

Na maioria dos exemplares O.F.I. os ramos vegetativos são rodeados por espinhos. Porém, existem plantas que não possuem esse tipo de espinhos, sendo indefesas. A presença ou ausência de espinhos nos galhos é uma característica frequentemente utilizada para determinar o seu genótipo (Khaless e Baaziz, 2005). De acordo com Malainine et al., 2003, os espinhos do cladódio podem ter vários centímetros de comprimento e consistem em agregados de fibrilas de celulose constituídos por microfibrilas densamente dispostas.

O nome *Opuntia* vem de uma antiga aldeia grega da região de Leócríd, na Beócia: *Opus* ou *Opuntia*, onde Tournefort encontrou uma planta espinhosa que lhe lembrava as opuntias americanas. Inclui 11 subgêneros: *Opuntia*, *Consolea*, *Austrocylindropuntia*, *Brasiliopuntia*, *Corynopuntia*, *Cylindropuntia*, *Grusonia*, *Marenopuntia*, *Nopalea*, *Stenopuntia* e *Tephrocactus*. Entre as espécies silvestres e cultivadas mais usadas, encontram-se 12 espécies do gênero *Opuntia* e uma espécie do gênero *Nopalea* (Scheinvar, 2001).

2.6 Propriedades físico-química do cacto *Opuntia ficus-indica* e seu fruto

A composição química e as propriedades físicas dos cladódios de *Opuntia ficus-indica* são influenciadas por diversos fatores. Existem diferenças dependendo da maturidade, condições edafoclimáticas (tipo de solo, clima e condições de cultivo), condições de processamento e pós-colheita (Souza Filho, 2014).

Os principais componentes do ramo *Opuntia ficus-indica* são carboidratos complexos (muco, celulose, pectina), proteínas, fibras insolúveis e minerais. Também contém compostos aromáticos (pigmentos), polifenóis (especialmente alguns flavonoides farmacologicamente úteis), lipídios (esteróide ácidos graxos), vitaminas (vitaminas C e E) e carotenoides (betacaroteno) (Stintzing; Carle, 2005).

Os dois principais componentes do cacto são a água e os carboidratos. A água apresenta cerca de 90% do peso fresco da cobertura morta, a quantidade pode variar dependendo das condições do clima. No material seco, os polissacarídeos são os mais representativos.

A propriedade química que permite que o cacto *Opuntia ficus-indica* se transforme em couro vegetal é a presença de mucilagem em suas fibras. A mucilagem é uma substância viscosa que tem pectina e minerais como principais componentes e funcionando como adesivo, ajudando as fibras do cacto a se unirem e a se tornarem mais fortes, semelhante ao processo de curtimento do couro animal.

Nos últimos anos, aumentaram as pesquisas e análises de compostos que tenham a capacidade de combater danos ambientais tóxicos e prevenir o desenvolvimento de diversas patologias. Como resultado, vários tipos de frutas e plantas têm sido estudados e reconhecidos como valiosas fontes de alimentos

e medicamentos que apresentam benefícios à saúde que incluem a prevenção ou tratamento de doenças crônicas.

A *Opuntia ficus-indica* além de ser utilizado como ração animal, também é utilizado para fins medicinais e cosméticos, pois demonstrou possuir propriedades medicinais (Kharrassi et al., 2016). Segundo Otálora et al. (2015), seu extrato de ramo demonstrou atividades hipoglicemiante, hipocolesterolêmica, antidiabética, hipoglicemiante e anti-inflamatória.

Figura 6: Chá feito com a casca do cacto.



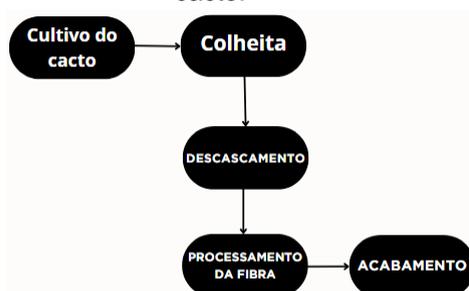
Fonte: SolmeGas Biologia Molecular, 2017.

No estudo realizado por Andrade et al. (2006), um levantamento de cactos realizado por pessoas de cinco municípios do semiárido baiano, os autores verificaram que a *Opuntia ficus-indica* tem muitos usos medicinais como esfriar e curar inflamações, onde ficam a casca e as raízes são as partes consideradas mais úteis no preparo de remédios, desde chás (Figura 6) até poções de banho.

2.7 Tecido sintético vegano de cacto

O processo produtivo do tecido sintético vegano de cacto é uma inovação sustentável na indústria têxtil, o mesmo envolve diversas etapas (Figura 7).

Figura 7: Fluxograma do processo produtivo do tecido sintético vegano à base de cacto.



Fonte: Autoras, 2024.

Segundo Nobel (1991) o processo de produção do tecido sintético vegano feito de cacto envolve diversas etapas, começando pelo cultivo sustentável dos cactos. A pesquisa mostra que o cacto é uma cultura de baixo impacto ambiental porque requer pouca água e pode crescer em condições áridas e semiáridas. A colheita das folhas maduras dos cactos é feita manualmente, o que garante a regeneração da planta para uma colheita futura.

O processamento da fibra envolve a remoção de rebarbas e impurezas e, em seguida, é feito o tratamento químico delas, que em polpa pode ser usada para fazer tecidos sintéticos.

A pele sintética resultante do cacto pode ser cortada para produzir uma variedade de produtos finais, como bolsas, sapatos e acessórios de moda. Estudos de viabilidade técnica e econômica mostraram que os tecidos sintéticos de cactos apresentam propriedades semelhantes às da pele animal em termos de durabilidade, flexibilidade e durabilidade (López et al., 2019). Além do seu potencial na indústria da moda, os cactos oferecem benefícios adicionais em termos de sustentabilidade e utilização eficiente de recursos. A sua capacidade de crescer em condições adversas e com baixas necessidades de água tornam-na uma escolha atrativa para áreas afectadas pela escassez de água e pela desertificação (Nobel, 1988).

2.8 Sociedade e comportamento de consumo

O comportamento de consumo é moldado por diversos fatores sociais, culturais, econômicos e psicológicos. A alteração do corpo social pode ter ligação direta com a mudança do comportamento, maneira de agir, de pensar e também a maneira de se vestir. Tal influência pode ocasionar o aumento do consumo que, por seu lado, move a indústria da moda.

Essa movimentação econômica geralmente é ocasionada pelo consumo individual, que é realizada no comércio e que transparece uma parte da característica da sociedade atual, o individualismo.

Conforme a sociedade de consumo ia crescendo, as indústrias e a produção também aumentavam, conseqüentemente aumentando a produção

exponencial de resíduos e lixos não degradáveis. Com essas consequências foi gerando danos irreparáveis para o meio ambiente ao passar dos anos.

Acredito que a emergência da pós-modernidade está estritamente relacionada à emergência desta nova fase do capitalismo avançado, multinacional e de consumo. Acredito também que seus traços formais expressam de muitas maneiras a lógica mais profunda do próprio sistema social (Jameson, 1982, p.7).

Em 1972 analisando o desequilíbrio que a sociedade gerava, a Organização das Nações Unidas criou a ONU Meio Ambiente (Figura 8), que tem como principal objetivo o monitoramento contínuo, e alertar a sociedade sobre as ameaças e os problemas que pode gerar ao ecossistema, criar e recomendar medidas para melhorar a qualidade de vida da população com a intenção de diminuir os comprometimentos dos recursos ambientais das futuras gerações.

Figura 8: ONU Meio Ambiente.



Fonte: A ONU e o Meio Ambiente, 1972.

O capitalismo se ergueu através da produção realizada por empresas e pelo consumo destes materiais, somente a partir da década de 1980 os discursos sobre crises ambientais causadas pelo processo de produção foram incluídos nesses discursos, explicitando o impacto que o ser humano causa no meio ambiente perante o aumento dos atos de consumo, durante esses discursos foi constatado que os níveis de consumo dos sistemas naturais estão

sofrendo exploração excessiva que compromete a estabilidade e a conservação desses sistemas.

Alguns pensadores consideram que todo consumo além do necessário é um excesso, sobras de produtos consumidos, lixo formado pelas sobras e chega a considerar, também, que os consumidores excessivos se enquadram dentro desses excessos, atribuindo-lhes qualidades de produto consumido, e chegam a chamar de lixo, ou refugo, o próprio consumidor que não se adapta às características da sociedade em que vive (Pereira, 2018, p. 9).

No momento presente a sociedade ainda vive a cultura consumista, porém, de modo mais consciente. Pesquisas em busca do conhecimento do modo de produção, qualidade do produto e se segue princípios sustentáveis, estão mais frequentes fazendo com que esse consumo diminua de forma mútua. Neste enquadramento a mudança do processo produtivo do sistema de moda deve ser essencial, além disso também o novo estilo de vida do consumidor, envolvido com os problemas da sociedade e a preocupação dos valores éticos mediante seus próprios atos de consumo.

Esse pensamento e compreensão por parte da população faz com que as empresas também mudem suas estratégias de produção, as tornando sustentáveis e reduzindo os impactos ambientais. Diante desse cenário as empresas realizam pesquisa e desenvolvem projetos para apresentar novas ideias que expressam e apresentam apetrechos de moda que inclui diversificação, criatividade, estilo e principalmente consciência ecológica.

2.9 Revolução verde

A Revolução Verde, ocorrida entre as décadas de 1940 e 1960, representou um conjunto de inovações tecnológicas na agricultura, visando aumentar a produção de alimentos e combater a fome mundial. Esse movimento introduziu o uso intensivo de fertilizantes químicos, pesticidas e novas variedades de sementes de alto rendimento, especialmente em países em desenvolvimento.

Os resultados foram significativos, com aumentos expressivos na produtividade agrícola e na segurança alimentar. Contudo, a Revolução Verde também trouxe desafios, como a degradação ambiental, a dependência de

insumos químicos e a desigualdade social no campo, uma vez que pequenos agricultores muitas vezes não tinham acesso às novas tecnologias.

Segundo Serra et al. (2016) a Revolução Verde é um modelo baseado no uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos na agricultura, sendo um conjunto de estratégias e inovações tecnológicas que teve como escopo alcançar maior produtividade através do desenvolvimento de pesquisas em sementes, fertilização de solos, utilização de agrotóxicos e mecanização agrícola. É um fato corrente no campo e que se encontra presente no cotidiano agrícola nas mais diversas áreas do mundo.

A primeira trata a sustentabilidade com ênfase na questão ambiental e está mais presente nos países de capitalismo avançado, do Norte, e em estratos de camadas sociais mais ricas. Esta vertente crítica tende a defender uma nova relação do ser humano com a natureza, seja em sua dimensão técnica, seja existencial. A segunda vertente não consegue visualizar a questão ambiental sem ressaltar a dimensão da equidade social. Esta vertente está mais presente nos países periféricos, do Sul, e nas camadas mais pobres de nossas sociedades capitalistas (Moreira, 2000, p. 39).

Segundo Moreira, o crescimento zero e o congelamento do crescimento populacional, defendido pelo Clube de Roma e pela Conferência de Estocolmo, destaca-se a ideia de que o desenvolvimento econômico e de tecnologias devem se concentrar nos recursos naturais renováveis a curto e médio prazo. O uso excessivo dos recursos naturais não renováveis, como o petróleo, ameaça a matriz energética e a estrutura industrial existente. Essa abordagem minimiza a importância das críticas sociais e sugere uma estabilização das disparidades atuais no estilo de vida, na distribuição de riqueza e no bem-estar social entre diferentes classes, grupos sociais e nações.

A biotecnologia desempenha um papel crucial na produção de alimentos, pois aumenta a produtividade, melhora a qualidade nutricional e reduz os custos. Ela abrange várias técnicas de melhoramento genético, incluindo o uso de plantas ou suas partes, com o objetivo de aprimorar plantas e animais. Utilizando cultura de tecidos, marcadores moleculares e transgenes, a biotecnologia se baseia na introdução precisa de construções genéticas em organismos, empregando engenharia de DNA recombinante. Isso permite modificar de forma favorável os processos metabólicos dos organismos.

Atualmente, a biotecnologia é amplamente reconhecida por suas aplicações em diversas áreas do conhecimento, tendo como foco de estudo códigos genéticos, ou genoma, da vida. A fusão de técnicas de Biologia Molecular, cultivo de tecidos e transferência de genes resultou no avanço da transformação genética de plantas. A aplicação da biotecnologia na produção de plantas transgênicas trouxe novas perspectivas para o melhoramento genético de plantas, permitindo cruzamentos entre espécies de diferentes reinos e reduzindo o tempo necessário para desenvolver novas variedades.

2.10 Legislação

No contexto legal brasileiro, diversas leis estabelecem diretrizes fundamentais para a proteção ambiental e regulamentam práticas industriais, garantindo tanto a preservação do meio ambiente quanto a transparência nas relações de consumo.

De acordo com a Lei nº 11.211, de 19 de dezembro de 2005, dispõe sobre as condições exigíveis para a identificação do couro e das matérias-primas sucedâneas utilizadas na confecção de calçados e artefatos. Seu objetivo é assegurar que os consumidores tenham informações claras sobre a origem e a composição dos produtos, prevenindo práticas enganosas no mercado de couro.

A Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, regula a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada pelo lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional. Esta legislação é fundamental para a proteção dos corpos d'água e para evitar a degradação ambiental decorrente de acidentes com substâncias químicas.

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, conhecida como a Política Nacional de Saneamento Básico, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, abrangendo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos e o tratamento de efluentes líquidos industriais. Com isso, assegura que as empresas sigam normas rigorosas quanto à coleta, tratamento e disposição de resíduos, contribuindo para a saúde pública e a proteção ambiental.

Complementando este arcabouço legal, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define

responsabilidades compartilhadas entre governo, empresas e cidadãos quanto ao manejo adequado dos resíduos sólidos. A legislação também estabelece metas para a redução, reutilização e reciclagem de materiais, promovendo a economia circular e reduzindo a pressão sobre os recursos naturais.

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que cria a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituiu diretrizes para o desenvolvimento sustentável e para o controle da poluição ambiental. Esta lei foi pioneira ao estabelecer o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e os instrumentos de avaliação de impacto ambiental, fundamentais para a autorização de empreendimentos industriais.

Por fim, a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, prevê sanções penais e administrativas para condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Esta legislação é crucial para responsabilizar empresas e indivíduos que causam danos ambientais, aplicando penas que variam de multas a restrições de direitos e reclusão.

Essas legislações, em conjunto, formam um arcabouço robusto que visa proteger o meio ambiente, garantir a transparência nas relações de consumo e assegurar práticas industriais responsáveis, de modo a promover um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação dos recursos naturais.

3 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem tanto qualitativa quanto quantitativa, com base em uma revisão bibliográfica e análise de estudos de caso relevantes. A escolha por uma abordagem qualitativa se deve à necessidade de compreender profundamente as características e impactos do tecido sintético vegano na indústria da moda.

A abordagem qualitativa permitiu uma análise profunda das propriedades do cacto *Opuntia ficus-indica* e sua viabilidade como matéria-prima para a criação de tecidos sintéticos veganos. Já a abordagem quantitativa foi aplicada na coleta de dados relacionados à eficiência produtiva e à redução de impactos ambientais desse material, comparando-o com outras opções na indústria da moda.

A pesquisa descritiva detalhou minuciosamente o processo de fabricação do tecido a partir do cacto, desde a coleta da planta até o produto final, além de documentar os impactos ambientais associados. Esse levantamento proporcionou uma visão completa dos benefícios e desafios da adoção de alternativas veganas e sustentáveis na confecção têxtil.

Os dados coletados serão analisados utilizando a técnica de análise de conteúdo, que permite identificar padrões, categorias e temas recorrentes. Essa abordagem ajudará a compreender as percepções e práticas relacionadas ao uso de tecidos sintéticos veganos.

Com essa abordagem, o projeto não apenas investigou os benefícios ecológicos e éticos de materiais sustentáveis como o tecido vegetal de cacto, mas também colocou em prática soluções inovadoras para a indústria da moda, integrando ciência, sustentabilidade e ética em um produto de relevância global.

3.1 Testes iniciais de formação de couro de cacto

A primeira etapa do processo consistiu na escolha e coleta do cacto *Opuntia ficus-indica*, popularmente conhecido como cacto-figo-da-índia, na estrada da Toca do Leitão, localizada em Santa Branca-SP. A seleção deste cacto baseou-se em sua relevância no desenvolvimento de produtos

alternativos, como o couro vegetal, inspirado no trabalho da empresa Desserto, que utiliza o mesmo cacto para a produção de um material sintético. Após a coleta, o cacto foi transportado para o laboratório da Escola Técnica Estadual (ETEC) Cônego José Bento, em Jacareí-SP, onde o processamento inicial começou.

O processo iniciou com a lavagem minuciosa do cacto, a fim de eliminar impurezas (Figura 9-A). Em seguida, o cacto foi fragmentado em cubos pequenos utilizando uma faca apropriada (Figura 9-B), e posteriormente triturado em um liquidificador, com o objetivo de obter uma mistura homogênea (Figura 9-C). Este procedimento foi adotado como parte da preparação da matéria-prima para o desenvolvimento do experimento. A metodologia foi estruturada com base em referências de estudos prévios, como o da empresa Desserto, porém com ajustes para atender aos objetivos específicos deste projeto.

Figura 9: Lavagem (A), corte (B) e trituração do cacto *Opuntia ficus-indica* (C).

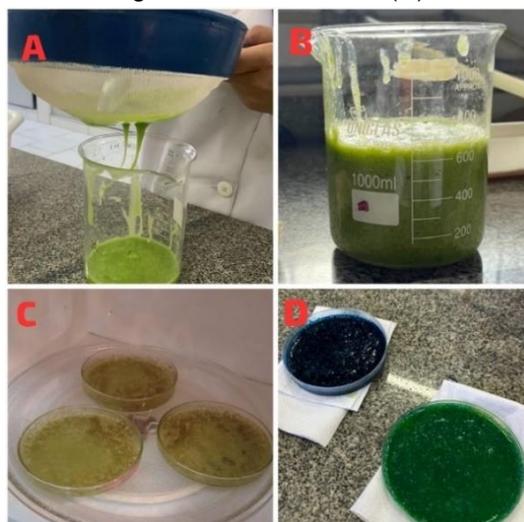


Fonte: Autoras, 2024.

O volume de 650 mL do líquido verde mucoso obtido dos cladódios foi filtrado através de uma peneira para remover resíduos sólidos. Após a filtração (Figura 10-A), o extrato foi deixado em repouso por cinco horas (Figura 10-B) para permitir o descanso e estabilização da mistura. Em seguida, o extrato foi dividido em duas partes iguais. Uma delas foi mantida em um béquer, enquanto a outra foi distribuída em três placas de Petri. Em duas dessas placas, foi

adicionada uma gota de corante (Figura 10-D), enquanto a terceira foi mantida sem corante, servindo como controle. Após a adição do corante, as placas de Petri foram aquecidas no micro-ondas (Figura 10-C) do laboratório, por um minuto, na potência de 50%, como parte do experimento inicial.

Figura 10: Peneiração (A); mantimento no becker (B); aquecimento no micro-ondas (C) e tingimento com corante (D).

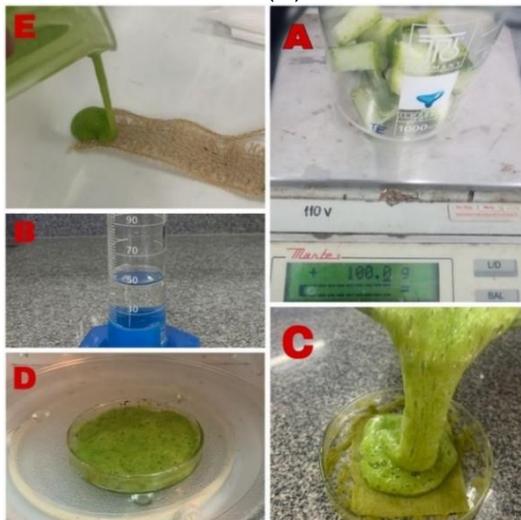


Fonte: Autoras, 2024.

3.2 Eficiência do tecido TNT na secagem de couro de cacto

O segundo experimento foi iniciado seguindo as metodologias estabelecidas no primeiro teste. Para cada ensaio, foram pesadas 100 g de cacto (Figura 11-A). Realizaram-se três testes em placas de Petri e quatro em amostras de juta e tecido TNT grosso, sendo duas amostras em juta (Figura 11-E) e duas em tecido TNT. Para o teste em placas de Petri, uma das placas recebeu a adição de 50 mL de água (Figura 11-B), que foi batida no liquidificador, e, em seguida, inseriu-se um pedaço de tecido TNT (Figura 11-C). Quatro das placas foram levadas ao micro-ondas. A primeira placa, contendo tecido TNT e água, passou por um ciclo de secagem de 2 minutos e 25 segundos na potência 50 (Figura 11-D). A placa que continha apenas cacto teve o tempo de secagem ajustado para 2 minutos e 30 segundos, mantendo a mesma potência. A última placa, que também continha apenas cacto, foi deixada ao ar livre sobre uma bandeja para secagem natural.

Figura 11: Pesagem (A); Medição de água 50mL (B); Cacto batido em placa de Petri com tecido TNT (C); Aquecimento no micro-ondas (D) e Cacto batido inserido em juta (E).



Fonte: Autoras, 2024.

3.3 Uso de peneiras e coadores na produção de couro de cacto

Para iniciar o terceiro teste, seguimos as metodologias dos testes anteriores. Primeiramente, foi pesado 200g das folhas de cacto (Figura 12-A), que foram trituradas em um liquidificador, resultando em um líquido verde mucoso. Esse líquido foi filtrado inicialmente por uma peneira e, em seguida, por um coador de café, garantindo a remoção completa das fibras (Figura 12-B).

Após a filtragem, o líquido foi despejado em um compartimento de uma forma de cupcake forrada com papel manteiga. O mesmo procedimento foi repetido para os quatro compartimentos restantes da forma, que não foram forrados com papel manteiga. A forma foi então colocada em um forno pré-aquecido a 180°C e mantida por 40 minutos (Figura 12-C) para o processo de secagem e endurecimento, contribuindo para a melhoria da aparência e durabilidade do material, simulando o acabamento final do couro.

Figura 12: Pesagem (A); Peneiração e coagem (B) e Aquecimento no forno (C).



Fonte: Autoras, 2024.

3.4 Testes de peneiração e secagem em forno

Para a realização do 4º teste, foram empregadas as mesmas metodologias iniciais, incluindo lavagem, corte em cubos, trituração e peneiração. No entanto, no 4º teste, utilizou-se a babosa como aglutinante. A babosa foi cortada e processada em um liquidificador juntamente com o cacto. Em seguida, a mistura foi peneirada e deixada em repouso em um recipiente por 4 horas. Após esse período, a espuma (Figura 13-B) foi separada do suco (Figura 13-A) e a mistura foi submetida a um processo de secagem em forno por 45 minutos (Figura 13-C).

Figura 13: Separação da espuma (A); Espuma (B) e Aquecimento no forno.

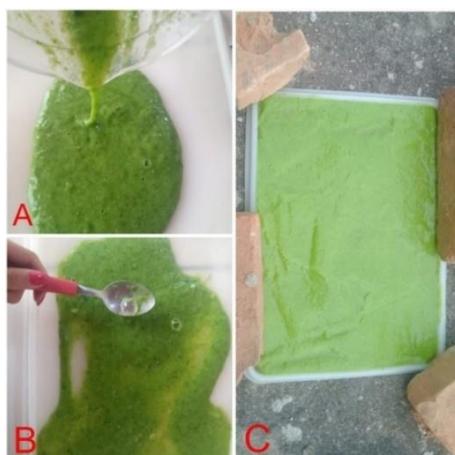


Fonte: Autoras, 2024.

3.5 Método sem peneiração e secagem ao sol

Para conduzir o 5º teste, foram utilizadas as mesmas metodologias iniciais, logo após a quantia de cubos foi dividida em duas partes, uma foi triturada sem adição de outros componentes. Em seguida, esse líquido viscoso (Figura 14-A) foi espalhado uniformemente em uma forma de silicone rasa (Figura 14-B) e deixado ao sol por 1 dia (Figura 14-C).

Figura 14: Líquido sendo posto na forma (A); Espalhado na forma(B); Forma deixada ao sol (C).



Fonte: Autoras, 2024.

Após passar 1 dia, o restante do líquido batido que havia sobrado, foi espalhado por cima da primeira camada (Figura 15) e novamente deixado ao sol por mais 1 dia.

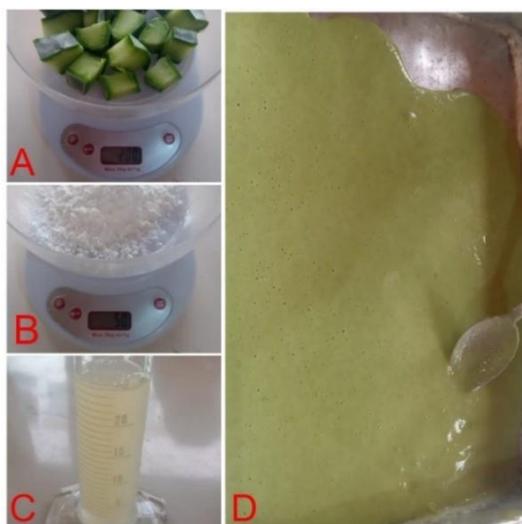
Figura 15: Segunda camada sendo colocada.



Fonte: Autoras, 2024.

A outra parte foi pesada (200g) (Figura 16-A) e batida no liquidificador, com 50 g de amido de milho (Figura 16-B), usado como agente de ligação para ajudar na coesão das fibras do cacto, e 25 ml de um limão espremido (Figura 16-C), usado como conservante para a prevenção de fungos e bactérias. Sequencialmente a mistura pastosa obtida foi espalhada em uma forma (Figura 16-D), depois deixada exposta ao sol por 2 dias.

Figura 16: Pesagem do cacto (A); Pesagem do amido de milho (B); Medição do suco de limão (C); Pasta sendo espalhada na forma (D).



Fonte: Autoras, 2024.

3.6 Método sem peneiração e sem casca

No último teste, pesamos 4,002g de ágar (Figura 17-A), os quais foram dissolvidos em 150 mL de água destilada. A solução foi então aquecida em um bico de Bunsen (Figura 17-B) até a total dissolução do ágar. Em seguida, o cacto sem casca foi triturado em um liquidificador até atingir uma consistência homogênea. A mistura obtida foi transferida para um becker, onde aguardou-se a separação da espuma do suco. Após a separação, a espuma foi cuidadosamente removida.

O ágar dissolvido foi então misturado com o suco do cacto, previamente separado da espuma. Em seguida, foram adicionadas 3 colheres de glicerina (Figura 17-C), e a solução foi homogeneizada. Por fim, a mistura foi vertida em uma forma (Figura 17-D) e deixada para secar ao sol.

Figura 17: Ágar (A e B), adição de glicerina (C) e despejo da mistura (D)



Fonte: Autoras, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos, destacando suas implicações e relevância para o estudo e desenvolvimento do tecido sintético vegano à base de cacto, como alternativa sustentável e ética para a moda, reduzindo consideravelmente os impactos ambientais da indústria têxtil, tendo como principal análise da viabilidade econômica e social dos tecidos sintéticos veganos. Envolvendo uma série de experimentos que foram ajustados e refinados ao longo do processo para otimizar a qualidade e a durabilidade do produto final.

Desde o início, ficou claro que a quantidade de fibras e o método de secagem seriam fatores determinantes para o sucesso do material. Diversas metodologias foram testadas, e os resultados obtidos forneceram informações valiosas sobre os desafios e as oportunidades de produzir um tecido sustentável a partir do cacto *Opuntia ficus-indica*.

No primeiro teste, focamos na extração do líquido do cacto e na remoção de impurezas usando uma peneira e um coador de café. Embora essa etapa tenha sido pensada para purificar o material, o resultado foi uma remoção excessiva de fibras, que são essenciais para formar uma película coesa e resistente. O produto final foi extremamente frágil e incapaz de sustentar as expectativas de resistência e flexibilidade necessárias para um tecido. Isso nos levou a reavaliar o processo de filtragem, que foi drasticamente modificado em experimentos posteriores (Figura 18).

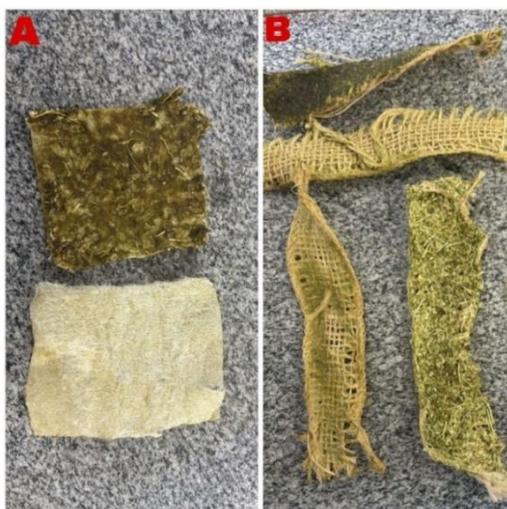
Figura 18: Resultado do primeiro teste.



Fonte: Autoras, 2024.

No segundo teste, tentamos solucionar a fragilidade do material anterior utilizando TNT e juta como suportes estruturais, acreditando que esses materiais auxiliariam na secagem e confeririam maior resistência ao tecido. No entanto, os resultados também foram insatisfatórios. O líquido não secou adequadamente e, novamente, a baixa quantidade de fibras no material filtrado comprometeu a qualidade do produto final. O TNT e a juta não conseguiram cumprir o papel esperado de reforçar o tecido, e o material formado manteve a mesma fragilidade observada no teste anterior (Figura 19).

Figura 19: Resultado do segundo teste TNT (A) e Jutas (B).



Fonte: Autoras, 2024.

Nos terceiros e quartos testes, buscamos melhorar a metodologia utilizando o forno como método de secagem e mantendo um processo de filtragem menos rigoroso. Ainda assim, a quantidade insuficiente de fibras continuou sendo um problema crítico. Embora o forno tenha acelerado o processo de secagem, a estrutura do material formado permaneceu insatisfatória, resultando em uma película que se desintegrava facilmente. Esses testes reforçaram a necessidade de manter mais fibras na mistura inicial e de explorar outras formas de tratamento para fortalecer o tecido (Figura 20).

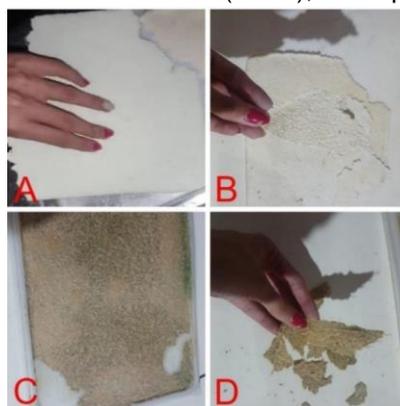
Figura 20: Resultado do terceiro (A) e quarto teste (B).



Fonte: Autoras, 2024.

Foi no quinto teste que uma modificação fundamental foi introduzida: eliminamos o processo de peneiramento, permitindo que uma maior quantidade de fibras permanecesse no líquido. Isso resultou em uma melhoria significativa na coesão do material. O líquido viscoso foi espalhado uniformemente em formas rasas e deixado para secar ao sol por um período de 24 horas. O produto final foi uma película mais resistente, embora ainda um pouco quebradiça. A adição de amido de milho e suco de limão foi testada como forma de melhorar a coesão das fibras e evitar a proliferação de fungos durante a secagem. A combinação desses elementos, somada à eliminação da filtragem, permitiu um avanço considerável no desenvolvimento do tecido (Figura 22).

Figura 22: Cacto com amido (A e B), cacto puro (C e D).



Fonte: Autoras, 2024.

No sexto e último teste, realizamos a adição de agar e glicerina à mistura de cacto, o que resultou em um produto final significativamente mais robusto e flexível. O agar foi adicionado como agente espessante, aumentando a estabilidade estrutural do tecido, enquanto a glicerina forneceu maior flexibilidade à película final. O processo consistiu em misturar 503,4g de cacto batido com 70g de casca, após o qual 250ml do líquido resultante foram combinados com a solução de agar previamente preparada. O material foi espalhado em uma travessa e deixado ao sol por 7 horas. Essa combinação de materiais e o tempo adequado de secagem permitiram a formação de uma película sintética muito mais estável, com propriedades mecânicas próximas às necessárias para aplicações práticas. (Figura 23).

Após a colheita, as folhas passam por um processo de descascamento para extração da parte fibrosa interna, que é a matéria-prima para produzir o tecido do cacto. As pesquisas sobre a composição química da *opuntia ficus-indica* mostram que suas fibras são ricas em polissacarídeos e possuem propriedades adesivas naturais, tornando-as adequadas para a produção de tecidos (El-Sakhawy et al., 2007).

Figura 23: Resultado final.



Fonte: Autoras, 2024.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho investigou a viabilidade de desenvolver um tecido sintético vegano a partir do cacto *Opuntia ficus-indica* como uma alternativa sustentável e ética para a indústria da moda. A pesquisa, que adotou uma abordagem mista, qualitativa e quantitativa, explorou as propriedades do cacto e os impactos ambientais e produtivos do processo.

Com os esforços e ajustes realizados ao longo dos experimentos, os resultados chegaram próximos aos os objetivos esperados. Apesar de ter encontrado dificuldades na idade do cacto e no clima, realizou novas alternativas para a coesão e resistência do tecido. Foi realizado diferentes metodologias, como a eliminação da espuma a partir da peneiração, o produto final apresentou o tecido semelhante ao couro animal com a resistência e malemolência necessária para ser um material funcional na indústria da moda.

O cacto mostrou-se uma matéria-prima com potencial para ser sustentável, devido ao seu baixo consumo de água e ao fato de não depender de insumos químicos, além de diminuir os maus tratos animais causados pelo processo do couro animal, a produção do tecido ainda enfrenta desafios significativos. A escalabilidade do processo e a melhoria das propriedades mecânicas do material são questões que precisam ser aprofundadas em estudos futuros.

Em síntese, o experimento conseguiu alcançar os resultados desejados em termos de qualidade e viabilidade do tecido de cacto como substituto para o couro animal. O estudo revela o potencial do cacto como matéria-prima sustentável, porém necessário continuar investigando novas abordagens e tecnologias para superar as limitações encontradas e tornar a produção desse tecido viável e competitivo no mercado da moda.

REFERÊNCIAS

- ABDUL KHALIL, H. P. S., ISSAM, A. M., TYE, Y. Y., LAI, T. K., AMIN, S. Y. M., HADITHON, K. A., & LEH, C. P. Application of *Opuntia ficus-indica* mucilage in the fabrication of bioplastic films. **Carbohydrate Polymers**, p.238-244, 2012. Acesso em: 3 de julho de 2024.
- ABUD, H. F.; GONÇALVES, N. R.; REIS, R. G. E.; PEREIRA, D. S.; BEZERRA. Germinação e expressão morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Pilosocereus pachycladus* Ritter. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 468-474, 2010. Acesso em: 5 de abril de 2024.
- ADRIÁN LÓPEZ VELARDE & MARTE CÁZAREZ. Disponível em: <https://www-fibre2fashion-com.translate.google/interviews/face2face/desserto/adri%C3%A1n-l%C3%B3pez-velarde-marte-c%C3%A1zare/12568-1?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc>. Acesso em: 2 de abril de 2024.
- ALENCAR, N. L. M.; INNECCO, R.; GOMES-FILHO, E. *Cereus jamacaru* seed germination and initial seedling establishment as a function of light and temperature conditions. **Scientia Agricola**, v.69, n.1, p.70-74, 2012b. Acesso em: 12 de abril de 2024.
- ALL YOU NEED TO KNOW ABOUT VEGAN CACTUS LEATHER | Watson & Wolfe. [s.d.]. Disponível em:<<https://www.watsonwolfe.com/2020/07/13/vegan-leather-made-with-cactus-leaves/>> Acesso em: Asséf, Júlia. Couro de cacto: o que é e como é feito - eCycle. Disponível em:. Acesso em: 05 de março de 2024.
- AQUIM, Patrice Monteiro. Avaliação técnica, ambiental e econômica de quatro possibilidades de processos de ribeira e curtimento. **Revista Tecnologia e Tendências**, v. 9, n. 1, p. 99-125, 2014. Acesso em: 09 de março de 2024.
- BARROS, Paes Renata; FILHO, Gonçalves Vila Eduardo. Processamento do couro e a logística reversa. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/427.pdf Acesso em: 27 de abril de 2024.
- BRITO, Georgya Almeida. Impactos ambientais gerados pelos curtumes. <http://www.coloquiomoda.com.br/anais/Coloquio%20de%20Moda>, v. 20, p. 202013, 2013. Acesso em: 05 de março de 2024.
- BRITO, Georgya Almeida. Impactos ambientais gerados pelos curtumes. Disponível em:<<https://coloquiomoda.com.br/anais/Coloquio%20de%20Moda%20-%20202013/ARTIGOS-DE-GT/Artigo-GT-Moda-e-Sustentabilidade/Impactos-ambientais-gerados-pelos-curtumes.pdf>> Acesso em: 05 de março de 2024.
- CAVALCANTE, Arnóbio; TELES, Marcelo; MACHADO, Marlon. Cactos do semiárido do Brasil: guia ilustrado. Campina Grande: INSA, 2013. Acesso em: 05 de março de 2024.

CHAVES, A. J. L. (2008). Viva melhor com as plantas medicinais. Lisboa, **Edições Une**. Acesso em: 25 de maio de 2024.
OLIVEIRA, M.; UNINTER, R.; BACHAREL, Q. A QUÍMICA DE TRANSFORMAÇÃO DO COURO E QUAIS SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS. Acesso em: 23 de abril de 2024.

DESSERTO. DESSERTO. Disponível em: <<https://desserto.com.mx/home>>. Acesso em: 05 de março de 2024.

EL-SAKHAWY, M., & HASSAN, M.L. Physical and mechanical properties of microcrystalline cellulose prepared from agricultural residues. **Carbohydrate Polymers**, p.1-10, 2007. Acesso em: 2 de abril de 2024.

ESSA MARCA BRASILEIRA DESENVOLVEU UMA BOLSA DE COURO DE CACTO. Disponível em: <<https://vogue.globo.com/moda/noticia/2021/06/essa-marca-brasileira-desenvolveu-uma-bolsa-de-couro-de-cacto.html>>. Acesso em: 09 de março de 2024.

FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M. BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, Suplemento, p.322-329, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/B9DLyr996fwtT4JQH7W7tGz/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 13 de abril de 2024.

GARCIA, J. C., Valdivia, C.B. , P., Martínez, Y. R. e Hernández, M. S. (2004). Acidity changes and pH-buffering capacity of nopalitos (*Opuntia* spp.). **Postharvest Biology and Technology**, 32 (2), pp. 169–174. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/248449430_Acidity_changes_and_pH-buffering_capacity_of_nopalitos_Opuntia_spp Acesso em: 2 de abril de 2024.

GONZALEZ, F. J e Jarabo, S. M. M. La chumbera como cultivo de zonas áridas. Madrid, **Hojas Divulgadoras**, n.90, p.24, 1990. Disponível em: https://www.mapa.gob.es/app/biblioteca/hojas-divulgadoras/hojas_autor.asp?autorid=ZZ0021402&autor=Fern%E1ndez%20Gonz%E1lez,%20Jes%FAs Acesso em: 2 de abril de 2024.

HIRSH, S. Cactus leather is the newest Eco-friendly fabric. Disponível em: <<https://www.greenmatters.com/p/vegan-cactus-leather-desserto>>. Acesso em: 12 de março de 2024.

KHALES, A. e Baaziz, M. Quantitative and qualitative aspects of peroxidases extracted from cladodes of *Opuntia ficus indica*. **Scientia Horticulturae**, 103 (2), pp. 209–218, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423804000974> Acesso em: 12 de março de 2024.

LIGER, I. Moda em 360°: design, matéria-prima e produção para o mercado global. **São Paulo: SENAC**, 2012. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Moda_em_360_graus.html?id=dPyrDwAAQBAJ&redir_esc=y Acesso em: 12 de março de 2024.

LÓPEZ VELARDE, A., & CÁZAREZ, M. Cactus leather: a sustainable alternative to animal leather. **Fashion Theory**, 23(2), 239-251, 2019. Disponível em: <https://fashnerd.com/2019/11/vegan-cactus-leather-sustainable-fashion/> Acesso em: 12 de março de 2024.

LUCIANO, Antoniele. Mexicanos desenvolvem 'pele de cacto' como alternativa ao couro animal. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2021/11/06/amigos-desenvolvem-pele-de-cacto-como-alternativa-a-couro-animal.htm> Acesso em: 12 de março de 2024.

MALAININE, M. E., Dufresne, A., Dupeyre, D., Mahrouz, M., Vuong, R. e Vignon, M. R. Structure and morphology of cladodes and spines of *Opuntia ficus-indica*. Cellulose extraction and characterization. **Carbohydrate Polymers**, 51 (1), pp. 77–83, 2003. Disponível em: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-0f2b7e94-9188-38c9-879d-68a4c9a09693> Acesso em: 12 de maio de 2024.

MARTINS, Rafael Brusiquesi. **Extração do cromo a partir de resíduos do processo de fabricação do couro e sua viabilização**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) — Universidade Federal de Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/36487> Acesso em: 12 de março de 2024.

MOREIRA, Roberto José. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos sociedade e agricultura**, 2000. Acesso em: 16 de Abril de 2024.

NEVES, A. L. A.; PEREIRA, L. G. R.; SANTOS, R. D.; VOLTOLINI, T. V.; ARAÚJO, G. G. L.; MORAES, S. A.; ARAGÃO, A. S. L.; COSTA, C. T. F. Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos no semiárido brasileiro. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 2010. 7 p.(Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 62). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/885598/plantio-e-uso-da-palma-forrageira-na-alimentacao-de-bovinos-leiteiros-no-semiarido-brasileiro> Acesso em: 16 de Abril de 2024.

NOBEL P.S. Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C3 and C4 plants. **New Phytologist**, p. 183-205, 199. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33874131/> Acesso em: 16 de Abril de 2024.

NOBEL P.S. Environmental biology of agaves and cacti. **Cambridge University Press**. 1988. Disponível em: <https://books.google.com.fj/books?id=jdO2U84I6JwC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 16 de Abril de 2024.

OLIVEIRA, E. A.; JUNQUEIRA, S. F.; MASCARENHAS, R. J. Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus indica* L. Mill) cultivada no sertão do sub-médio São Francisco. **Holos**, v.27, n.3, p.113-119, 2011. Acesso em: 13 de março de 2024

SCHNEIDER, Thaissa; FERNANDES, Karolyne Mylena Behling; PEREIRA, Laura Pedri. O couro e suas alternativas: uma análise do seu uso no mercado da moda. **Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838**, v. 15, n. 1, 2022. Disponível em: <<https://etech.sc.senai.br/revista-cientifica/article/view/1192/101>> Acesso em: 06 de março de 2024.

SCHEINVAR, Léia. Subfamília Opuntioideae (Cactaceae). *Divers biológica e Inventar*, p. 1-10, 2001. Acesso em: 16 de março de 2024.

SERRA, et al. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, v. 1, n. 4, p. 2-25, 2016. Acesso em: 11 de junho de 2024.

SILVA, Solania Evangelista Batista. A fibra do facheiro para sua utilização na segmentação têxtil. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/33321/1/SILVA%2c%20Solania%20Evangelista%20Batista.pdf>>. Acesso em: 06 de março de 2024.

SILVA, Raiany Bento. A. et al. PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO COURO. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2022/TRABALHO_COMPLETO_EV174_MD1_ID13629_TB3360_23112022172420.pdf>. Acesso em: 05 de março de 2024.

SILVA, Ana Raiany Bento et al. PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO COURO. Acesso em: 07 de março de 2024.

STEIBER, M. Cactus leather: what to know about the sustainable (plastic-free) leather alternative. Disponível em: <<https://www.russh.com/cactus-leather-what-to-know/>>. Acesso em: 19 de março de 2024.

SUDZUKI HILLS, F. Anatomia y morfologia. In: Jimenez, E. J. A. (Coord.). *Agroecologia, cultivo y usos del nopal*. Roma, **FAO**, pp. 29-36, 1999. Acesso em: 19 de março de 2024

TEIXEIRA, Thainá dos Santos. **Impactos ambientais das indústrias de curtumes e inovações sustentáveis para a substituição do couro**. 2019.. Acesso em: 26 de março de 2024.

