GUIA DE BOAS PRÁTICAS PARA

REMOÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR

PROJETO SUCRE

OUTUBRO DE 2019

PNUD
Empoderando vidas.
Fortalecendo nações.

gef
GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET

SUCRE

lnbr
laboratório nacional de biorrenováveis

CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

SOBRE O PROJETO SUCRE

O Projeto SUCRE (*Sugarcane Renewable Electricity*) tem como objetivo principal **aumentar a produção de eletricidade com baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE) na indústria de cana-de-açúcar, por meio da palha disponibilizada durante a colheita da cana-de-açúcar.** Para tanto, a equipe trabalha na identificação e solução dos problemas que impedem as usinas parceiras de gerarem eletricidade de forma plena e sistemática. Com início em junho de 2015, serão ao todo cinco anos de projeto, com financiamento do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, da sigla em inglês para *Global Environment Facility*) de cerca de US$ 7.5 milhões e contrapartida do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) de mais de US$ 3 milhões. No setor privado, o recolhimento e uso da palha para produção de eletricidade alavancou um investimento de cerca de US$ 160 milhões pelas usinas parceiras (grande parte já realizada com a instalação de estações de limpeza a seco, reforma ou compra de caldeiras, turbogeradores, enfardadoras e outros equipamentos). A iniciativa é gerida em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e implementada pelo Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), que integra o CNPEM.

SOBRE O LNBR

O Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) integra o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), organização social qualificada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTIC). O LNBR emprega a biomassa e a biodiversidade brasileiras para resolver desafios relevantes para o País por meio de soluções biotecnológicas que promovam o desenvolvimento sustentável de biocombustíveis avançados, bioquímicos e biomateriais. O Laboratório possui diversas Instalações Abertas a Usuários, incluindo a Planta Piloto para Desenvolvimento de Processos, estrutura singular no país para escalonamento de tecnologias.

SOBRE O CNPEM

O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) é uma organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Localizado em Campinas-SP, gerencia quatro Laboratórios Nacionais – referências mundiais e abertos às comunidades científica e empresarial. O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) opera a única fonte de luz síncrotron da América Latina e está, nesse momento, finalizando a montagem do Sirius, o novo acelerador de elétrons brasileiro; o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio) atua na área de biotecnologia com foco na descoberta e desenvolvimento de novos fármacos; o Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) pesquisa soluções biotecnológicas para o desenvolvimento sustentável de biocombustíveis avançados, bioquímicos e biomateriais, empregando a biomassa e a biodiversidade brasileira; e o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) realiza pesquisas científicas e desenvolvimentos tecnológicos em busca de soluções baseadas em nanotecnologia. Os quatro Laboratórios têm, ainda, projetos próprios de pesquisa e participam da agenda transversal de investigação coordenada pelo CNPEM, que articula instalações e competências científicas em torno de temas estratégicos.

SUMÁRIO

PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR: DA QUEIMA NO CANAVIAL A COGERAÇÃO 03

QUAIS ERAM AS INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS NO INÍCIO DO PROJETO? 04

QUANTO DE PALHA É PRODUZIDO NOS CANAVIAIS? 05

PONTEIROS NO CAMPO E FOLHAS SECAS NA INDÚSTRIA 05

EXPERIMENTAÇÃO: É PRECISO MEDIR PARA RECOMENDAR 06

QUALIDADE DO SOLO 07

EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA E ACÚMULO DE CARBONO NO SOLO 09

REMOÇÃO DA PALHA REDUZ ALGUMAS PRAGAS DE SOLO 10

IMPACTOS DA REMOÇÃO DE PALHA NA PRODUTIVIDADE DO CANAVIAL 11

PERFILHAMENTO 12

QUANTO, QUANDO E ONDE REMOVER A PALHA? 13

PASSO A PASSO PARA A REMOÇÃO ESTRATÉGICA DE PALHA 13

PRÓXIMOS PASSOS PARA A REMOÇÃO ESTRATÉGICA DE PALHA 17

POTENCIAL DE REMOÇÃO DA PALHA NO CENTRO-SUL DO BRASIL FAVORECENDO A CONSERVAÇÃO DO SOLO E A PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR 18

EXPEDIENTE

DIRETOR-GERAL DO CNPEM
Antônio José Roque da Silva

DIRETOR DO LNBR
Eduardo do Couto e Silva

GESTÃO DO PROJETO SUCRE
Manoel Regis Lima Verde Leal | Diretor Nacional
Thayse Dourado Hernandes | Coodenadora

REALIZAÇÃO E TEXTOS
Daniele de Souza Henzler
Guilherme Adalberto Ferreira Castioni
João Luis Nunes Carvalho
Karina Maria Berbert Bruno
Lauren Maine Santos Menandro
Leandro Carolino Gonzaga
Rafaella Pironato Amaro
Ricardo de Oliveira Bordonal
Sérgio Gustavo Quassi de Castro
Thayse Dourado Hernandes
Viviane Celente

DIAGRAMAÇÃO
Viviane Celente

REVISÃO
Erik Nardini Medina
Maria Livia Ramos Gonçalves

FOTOGRAFIA
Projeto SUCRE

ILUSTRAÇÕES E MAPAS
Amanda Kokol Coltro
João Luis Nunes Carvalho
Karina Maria Berbert Bruno
Lauren Maine Santos Menandro
Luiz Felipe Nascimento dos Reis
Rafaella Pironato Amaro
Sérgio Gustavo Quassi de Castro
Thayse Dourado Hernandes

PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Da queima no canavial a cogeração

Nas últimas décadas o setor sucroenergético tem passado por diversas mudanças. Dentre elas, destaca-se a transição da colheita manual com queima para a colheita mecanizada da cana crua. Esse novo cenário fez da palha (antes queimada) um importante resíduo agrícola. Com a manutenção da palha na superfície do solo, o setor precisou adaptar o manejo agronômico da cana-de-açúcar cultivada no Brasil. Diversos estudos na época indicavam que a manutenção da palha no campo resultava em uma série de benefícios agronômicos e ambientais, enquanto outros indicavam que em determinadas condições de clima e solo, a palha teria um papel deletério, acarretando em perdas de produtividade da cultura. Entretanto, é importante salientar que esses estudos pioneiros comparavam, principalmente, áreas de cana crua com aquelas sob o sistema de colheita com queima.

Em virtude da abundância de palha no sistema de cana crua, associado à crescente demanda por energia com o mínimo de impactos ambientais, econômicos e sociais, nos últimos anos o setor sucroenergético começou a demonstrar interesse em usar parte deste resíduo para a geração de bioenergia. Entretanto, pouco se sabia sobre os reais impactos da remoção da palha no sistema solo-planta-atmosfera e tampouco existiam métodos para recomendação da remoção da palha sem comprometer a qualidade do solo e a produtividade dos canaviais.

Neste sentido, visando compreender os impactos da remoção da palha no sistema solo-planta-atmosfera e gerar uma ferramenta para o planejamento e gestão estratégica de remoção da palha, a equipe do Projeto SUCRE elaborou este ***Guia de Boas Práticas para Remoção da Palha da Cana-de-Açúcar***.

ESCANEIE O QRCODE

ACIMA OU ENTRE NO LINK

HTTP://BIT.LY/PROJETOSUCRE

PARA ACESSAR TODOS OS ARTIGOS CITADOS NESTA CARTILHA E LER MAIS SOBRE O

PROJETO SUCRE

Este Guia apresenta uma síntese dos principais resultados observados durante cinco anos do Projeto SUCRE e tem por objetivo direcionar a remoção estratégica da palha cana-de-açúcar, fornecendo matéria prima para atender a demanda energética brasileira, com menor emissão de gases de efeito estufa (GEE), mantendo a conservação e qualidade do solo e a produtividade da cana-de-açúcar. O plano de trabalho do ***Guia de Boas Práticas*** é baseado nos seguintes pilares de sustentação:

i) (Estado da Arte) inicialmente foram compiladas as informações disponíveis na literatura sobre os impactos da remoção da palha na qualidade do solo, nas emissões de gases do efeito estufa e na produtividade da cana-de-açúcar;

ii) (Caracterização) paralelamente, foram realizados estudos para caracterizar a palha da cana-de-açúcar e avaliar o potencial deste resíduo em aplicações industriais e/ou manutenção no campo;

iii) (Experimentação) após estas duas etapas, iniciou-se as atividades de experimentação em campo e/ou modelagem agroambiental para quantificar os efeitos da remoção da palha em diferentes condições de clima e solo na região Centro-Sul do Brasil;

iv) (Estratégias de Remoção) na última etapa foi elaborado um guia, contemplando o passo-a-passo para a recomendação da remoção da palha, que auxilia na tomada de decisão de quanto, quando e onde remover a palha nas unidades produtoras.

QUAIS ERAM AS INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS NO INÍCIO DO PROJETO?

ESTADO DA ARTE

Na primeira etapa do Projeto SUCRE foi realizada uma revisão da literatura e os resultados foram sintetizados e publicados em periódico científico internacional (*Global Change Biology Bioenergy*). No início do Projeto, a maioria das informações disponíveis na literatura avaliavam os impactos da transição do sistema de cana queimada para cana crua, não fornecendo subsídios para a recomendação da remoção de palha. A revisão de literatura abordou temas relacionados ao impacto da remoção da palha na qualidade do solo (química, física e biológica), nas perdas de solo por erosão, nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), na infestação de pragas e plantas daninhas e no potencial produtivo da cultura. A revisão também contemplou o potencial da palha para a produção de bioenergia (eletricidade e etanol celulósico).

Para mais informações sobre a revisão da literatura, busque por:

CARVALHO, J. L. N. et al (2017). Agronomic and environmental implications of sugarcane straw removal: a major review. GCB Bioenergy 9, 1181–1195

A LITERATURA ERA CARENTE DE INFORMAÇÕES E SERIA NECESSÁRIO ESTABELECER UMA AMPLA REDE DE EXPERIMENTOS DE CAMPO

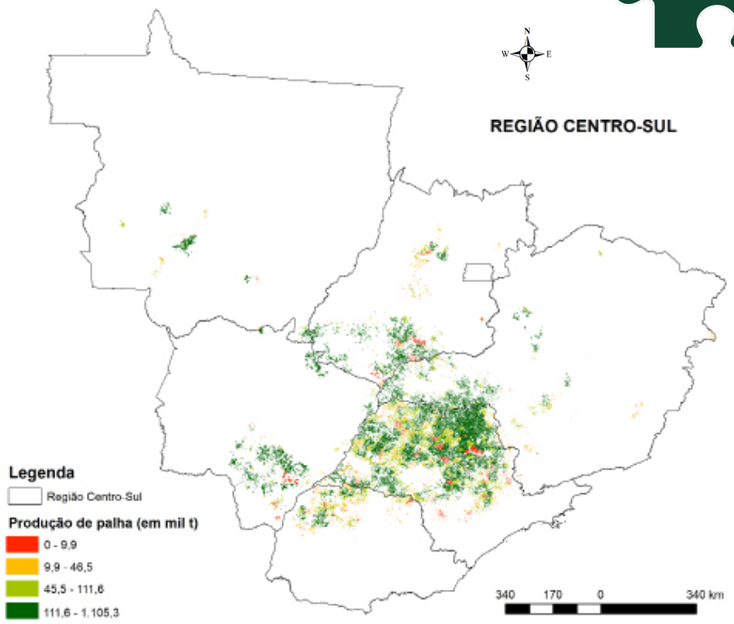
Baseado no conjunto de dados disponíveis, sobretudo informações relacionadas às perdas de solo por erosão e infestação de plantas daninhas, a equipe do Projeto SUCRE sugeriu inicialmente, a manutenção de, no mínimo, 7 toneladas de palha (base seca) por hectare no campo. Entretanto, a principal conclusão deste trabalho é que seria necessário estabelecer uma rede de experimentos de campo para propor recomendações mais adequadas de remoção da palha sem prejudicar a qualidade dos canaviais.

Quanto de palha é produzido nos canaviais?

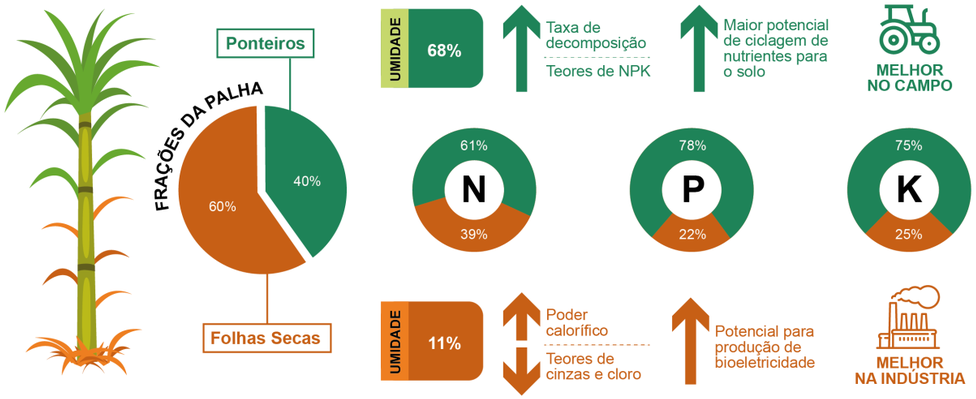
CARACTERIZAÇÃO

A quantidade de palha produzida varia de acordo com a produtividade da cana-de-açúcar, variedade e idade do canavial. A produtividade de palha pode variar de 4 a 30 t ha^{-1}, sendo a faixa média entre 10 e 14 t ha^{-1} a mais comumente encontrada nos canaviais. Uma relação de 120 kg de palha (base seca) por tonelada de colmo (12%) pode ser utilizada para estimar a produção de palha nos canaviais do Centro-Sul do Brasil.

Com base nesta relação e na produção de cana-de-açúcar, estima-se que 68,5 milhões de toneladas de palha são produzidas anualmente nos canaviais do Centro-Sul do país.



Ponteiros no campo e folhas secas na indústria



A otimização do uso da palha começa pela caracterização da biomassa. A palha é composta principalmente por ponteiros e folhas secas. Os ponteiros contêm a maior parte dos nutrientes presentes na palha e desta forma são desejáveis no campo para contribuir na ciclagem de nutrientes para o solo. Já as folhas secas exibem características mais desejáveis para serem utilizadas na indústria, como, por exemplo, menor teor de cinzas. Isso sugere que a remoção total ou parcial das folhas secas pode potencializar a cogeração de bioeletricidade, com menor impactos nas caldeiras. Esses resultados evidenciam a importância de separar as frações da palha no campo. No entanto, a disponibilidade de equipamentos destinados à separação durante a colheita, bem como o acamamento dos canaviais, são ainda as maiores limitações para a adoção dessa tecnologia agrícola, sendo, portanto, um desafio a ser superado.

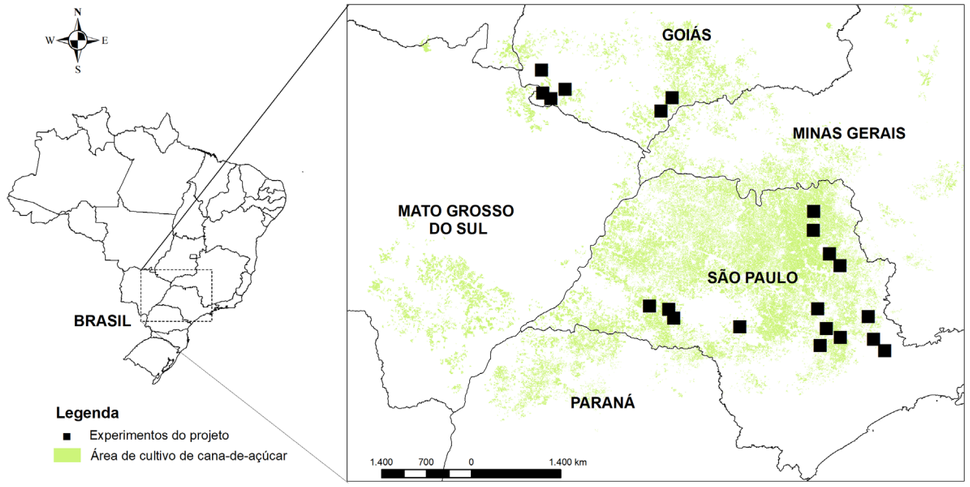
Para mais informações sobre a caracterização e uso potencial de ponteiros e folhas secas, busque por:

MENANDRO, L. M. S. et al. (2017). Comprehensive assessment of sugarcane straw: implications for biomass and bioenergy production. Biofuels, Bioprod. Biorefining 11, 488–504

EXPERIMENTAÇÃO

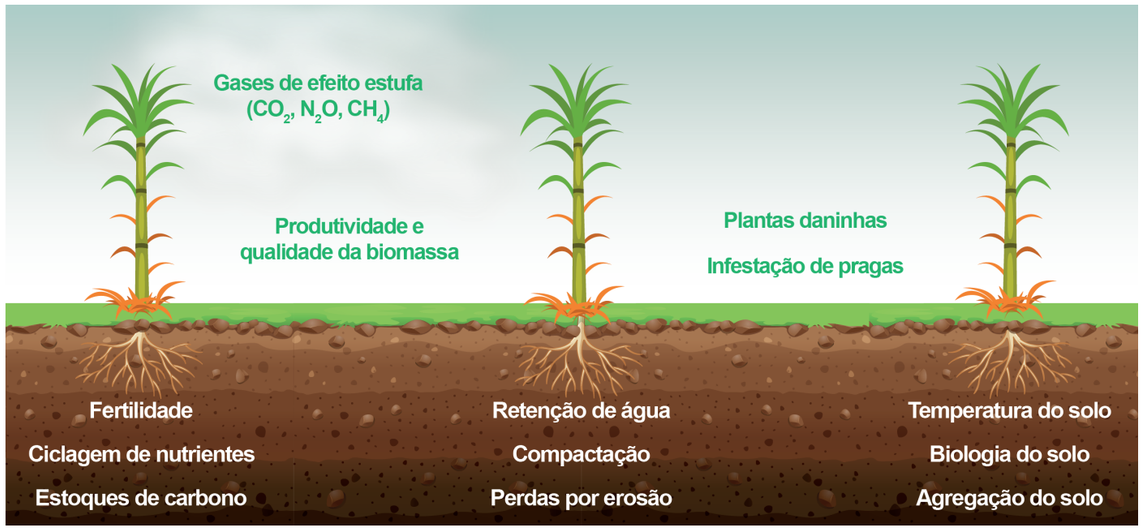
É preciso medir para recomendar

EXPERIMENTAÇÃO



Ao longo de cinco anos do Projeto SUCRE foram realizadas dezenas de experimentos de campo visando quantificar os impactos da remoção da palha de cana-de-açúcar na qualidade do solo (química, física e biológica), na produtividade de colmos e nas emissões de gases de efeito estufa. **As áreas experimentais foram estrategicamente escolhidas por representarem as condições de clima e solo da região Centro-Sul do Brasil, bem como, as variedades de cana-de-açúcar mais plantadas nesta região.** A experimentação se baseou na implantação de áreas com diferentes taxas de remoção de palha e os impactos destes tratamentos no sistema solo-planta-atmosfera foram medidos nos anos posteriores. De modo geral, os experimentos foram instalados com as seguintes taxas de remoção (em base seca): i) sem remoção (SR – manutenção de 15 t ha^{-1} de palha na superfície do solo); ii) baixa remoção (BR - manutenção de 10 t ha^{-1}); alta remoção (AR - manutenção de 5 t ha^{-1}); total remoção (TR – solo sem palha).

Com relação a qualidade do solo, o Projeto SUCRE avaliou os impactos da remoção da palha: i) na ciclagem de nutrientes e fertilidade; ii) nas perdas de solo por escoamento superficial; iii) nos níveis de compactação e estruturação; iv) na atividade biológica; v) nos estoques de carbono e nas emissões de gases do efeito estufa. Os impactos da remoção da palha na produtividade da cana-de-açúcar, bem como o grau de infestação de pragas e plantas daninhas também foram avaliados durante os cinco anos de projeto.



QUALIDADE DO SOLO

A manutenção do solo coberto com resíduos agrícolas como a palha é uma prática conservacionista recomendada na maioria culturas de interesse econômico em diversas regiões do planeta. A remoção total da palha para fins industriais pode afetar negativamente os principais indicadores de qualidade do solo (químicos, físicos e biológicos), e consequentemente afetar a capacidade dos solos em sustentar o crescimento das plantas e prover alimentos, fibras, biocombustíveis e serviços ecossistêmicos.

Para mais informações sobre qualidade do solo, busque por:

CASTIONI, G. A. F. et al (2018). Soil physical quality response to sugarcane straw removal in Brazil: A multi-approach assessment. Soil and Tillage Research, 184, 301-309.

CASTIONI, G. A. F. et al. (2019). Straw removal affects soil physical quality and sugarcane yield in Brazil. BioEnergy Research.

MENANDRO, L. M. S. et al. (2019). Soil macrofauna responses to sugarcane straw removal for bioenergy production. BioEnergy Research.

RUIZ CORRÊA, S. T. et al. (2019). Straw removal effects on soil water dynamics, soil temperature, and sugarcane yield in south-central Brazil. BioEnergy Research.

FÍSICA

A CAMADA DE PALHA ATENUA A COMPACTAÇÃO DO SOLO

A transição para colheita mecanizada da cana-de-açúcar trouxe como consequência o aumento cumulativo da compactação do solo, prejudicando a produtividade da cultura nos ciclos posteriores. Os resultados do Projeto SUCRE evidenciam que a remoção acentuada da palha pode agravar os efeitos do tráfego de máquinas nos níveis de compactação e desestruturação do solo. Por outro lado, a baixa remoção da palha não intensifica a compactação do solo e, portanto, pode ser considerada uma alternativa viável para atender a demanda de bioenergia sem causar prejuízos à estrutura do solo.

QUÍMICA

A REMOÇÃO DA PALHA AFETA A FERTILIDADE DO SOLO

EXPERIMENTAÇÃO

A palha da cana-de-açúcar é o maior aporte de matéria orgânica e também fonte de ciclagem de nutrientes para o solo dos canaviais. Os resultados do Projeto SUCRE apontam que a remoção total da palha pode reduzir a fertilidade do solo, mas destaca que os efeitos no estoque de nutrientes podem não ser perceptíveis em curto prazo, sendo mais evidentes após quatro anos de remoção. A pesquisa destaca ainda a importância da adequação da adubação nos canaviais levando em consideração o manejo da palha, sobretudo em locais onde a manutenção da palha favorece o aumento da produtividade da cana-de-açúcar e, consequentemente, a extração de nutrientes do solo.

BIOLÓGICA

A REMOÇÃO DA PALHA E A ATIVIDADE BIOLÓGICA DO SOLO

Resíduos agrícolas, como a palha da cana-de-açúcar, desempenham papel fundamental na manutenção da atividade biológica do solo. Os resultados do Projeto SUCRE mostram, de modo preliminar, que a remoção indiscriminada da palha pode promover redução na atividade da microbiota, macrofauna e atividade enzimática do solo, comprometendo a qualidade do solo. Entretanto, a magnitude das respostas é altamente associada às condições de solo, clima e ao manejo adotado.

ÁGUA E TEMPERATURA

IMPACTOS DA REMOÇÃO DE PALHA SOBRE A UMIDADE E TEMPERATURA DO SOLO

A manutenção da palha nos canaviais pode acarretar ganhos no armazenamento de água e na manutenção da umidade do solo, reduzindo o déficit hídrico. A palha também atua controlando a temperatura do solo, reduzindo a amplitude térmica diária do solo. Por isso, a remoção total da palha aumenta a temperatura e pode reduzir o armazenamento de água no solo. Isso pode resultar em prejuízos para o desenvolvimento e produtividade final da cultura, principalmente em locais com déficit hídricos mais pronunciados. Por outro lado, em regiões frias, a remoção parcial pode ser estratégica para auxiliar na fase inicial de rebrota da cana-de-açúcar por conferir maior conforto térmico para as plantas.

CONSERVAÇÃO

A PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR ATUA NA CONSERVAÇÃO DO SOLO

O escoamento superficial e as perdas de solos por erosão são problemas recorrentes nos canaviais brasileiros. Os resultados do Projeto SUCRE demonstram que a remoção acentuada da palha aumenta as perdas de solo e nutrientes por escoamento superficial, sugerindo que a manutenção de aproximadamente 7 t ha^{-1} de palha (base seca) no campo é necessária para evitar que essas perdas sejam elevadas, principalmente em áreas mais susceptíveis a erosão, alta declividade e colheita em épocas chuvosas.

EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA E ACÚMULO DE CARBONO NO SOLO

EXPERIMENTAÇÃO

O uso da palha da cana-de-açúcar é uma opção promissora para aumentar a produção de eletricidade com baixas emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE). Entretanto, a remoção da palha da cana-de-açúcar afeta os estoques de carbono e o balanço de emissões de GEE do solo. Resultados do Projeto SUCRE evidenciam uma predominância do consumo de metano (CH_4) em solos cultivados com cana-de-açúcar, independentemente da remoção da palha. Em relação às emissões de óxido nitroso (N_2O), os resultados sugerem que a remoção da palha da cana-de-açúcar atenua as emissões de N_2O. As medições de GEE realizadas pelo Projeto SUCRE durante dois anos indicam que, independentemente das taxas de remoção, as emissões de N_2O resultantes da aplicação de fertilizantes nitrogenado e palha são aproximadamente 50% menores comparadas aos valores estimados utilizando o fator padrão internacional proposto pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Se por um lado a remoção da palha tende a reduzir as emissões de N_2O, por outro a palha é a principal componente responsável por aportar carbono no solo. Medições realizadas em estudos de campo durante cinco anos de projeto indicam que, em média, 95 kg de C são estocados no solo para cada tonelada de palha mantida no campo. Os dados de emissões de GEE em adição às mudanças nos estoques de carbono do solo devem ser incorporados em avaliações mais abrangentes de análise do ciclo de vida (ACV) visando quantificar os prós e contras do uso da palha no balanço de GEE da produção de eletricidade.

Para mais informações sobre estoques de carbono e emissão de gases de efeito estufa, busque por:

BORDONAL, R. O. et. al. (2018). Sugarcane yield and soil carbon response to straw removal in south-central Brazil. Geoderma, 328, 79-90.

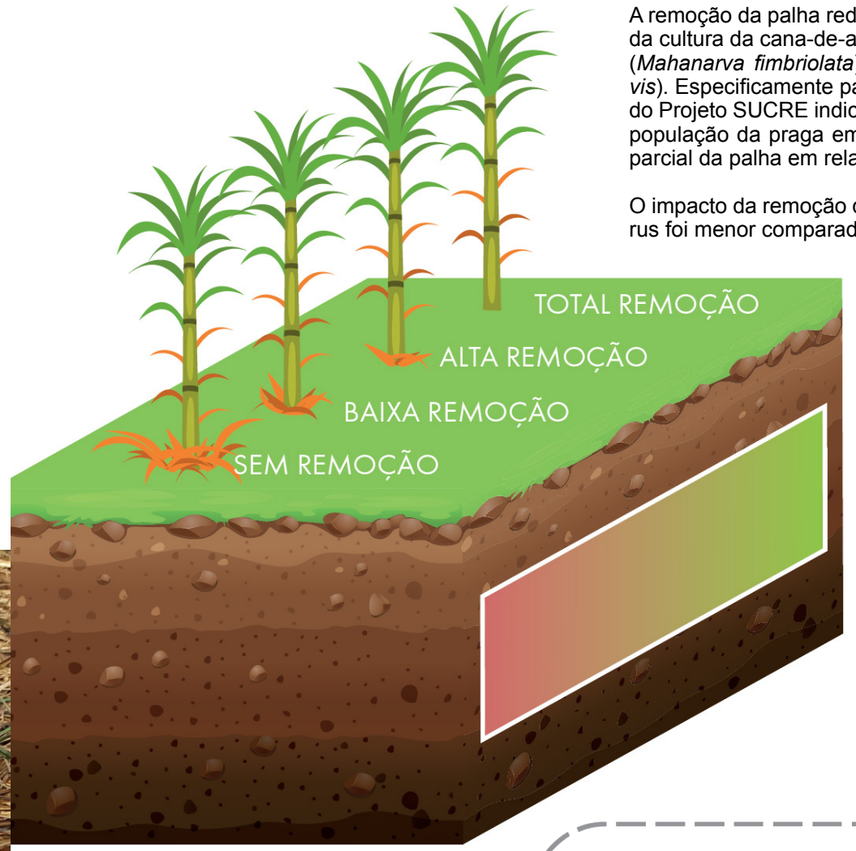
GONZAGA, L. C. et al. (2019). Implications of sugarcane straw removal for soil greenhouse gas emissions in São Paulo state, Brazil. BioEnergy Research.

TENELLI, S. et al. (2019). Can reduced tillage sustain sugarcane yield and soil carbon if straw is removed? BioEnergy Research.

Experimento para coleta de emissão de gases de efeito estufa

A REMOÇÃO DA PALHA REDUZ ALGUMAS PRAGAS DE SOLO

EXPERIMENTAÇÃO



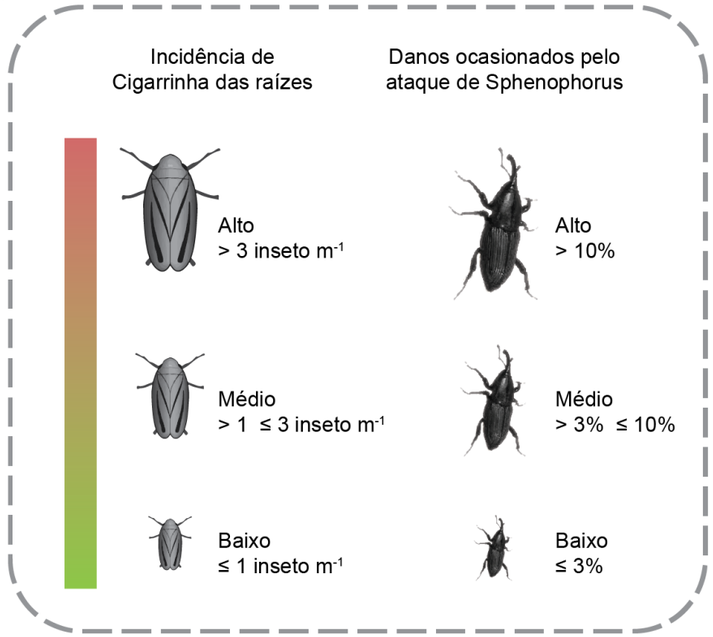
A remoção da palha reduz a incidência de importantes pragas da cultura da cana-de-açúcar, como as cigarrinhas das raízes (*Mahanarva fimbriolata*) e sphenophorus (*Sphenophorus levis*). Especificamente para a cigarrinha das raízes, resultados do Projeto SUCRE indicam que existe redução de até 45% na população da praga em áreas onde houve remoção total ou parcial da palha em relação às áreas sem remoção.

O impacto da remoção da palha na população de sphenophorus foi menor comparado à cigarrinha das raízes. No entanto, o dano ocasionado pela praga foi mais proeminente em locais onde toda a palha foi mantida no campo. Em áreas com remoção de palha, houve tendências de redução dos danos ocasionados pela praga, sobretudo em solos argilosos.

É importante salientar que, independente da remoção da palha, os dados apontam para a necessidade de adotar alguma medida adicional (químico ou biológico) de controle dessas pragas nos canaviais. Portanto, a remoção da palha atenua a incidência populacional de cigarrinha das raízes e sphenophorus, mas não exclui a necessidade de realizar um controle alternativo para que não haja reduções significativas nas produtividades da cana-de-açúcar.

Para mais informações sobre o impacto da remoção de palha na indicência de pragas, busque por:

CASTRO, S. G. Q. et al. (2019) Changes in soil pest populations caused by sugarcane straw removal in Brazil. BioEnergy Research.



IMPACTOS DA REMOÇÃO DE PALHA NA PRODUTIVIDADE DO CANAVIAL

EXPERIMENTAÇÃO

Em um primeiro momento, é possível ter a impressão que a quantificação dos efeitos da remoção da palha na produtividade da cana-de-açúcar seja algo relativamente simples. Entretanto, a associação de fatores como tipos de solo, condições climáticas, épocas de colheita, idade do canavial e manejos (ex. irrigação), faz com que as respostas da cultura a remoção da palha seja uma equação complexa e de difícil predição. Neste quesito, o Projeto SUCRE avaliou 28 experimentos de campo localizados nos estados de São Paulo e Goiás, para auxiliar na remoção de palha com menor comprometimento da produtividade dos canaviais. Para facilitar a interpretação dos resultados, as respostas da cana-de-açúcar à remoção da palha foram agrupadas em quatro macrorregiões. Em geral, os resultados sugerem que não existe uma resposta única para recomendar a remoção de palha no Centro-Sul do Brasil, sendo necessário uma estratégia de remoção que considere o manejo realizado em cada local de cultivo, devido em uma mesma macrorregião existirem locais aptos e inaptos a remoção de palha.

Para mais informações sobre a produtividade, busque por:

CARVALHO, J. L. N. et al. (2019) Multilocation straw removal effects on sugarcane yield in South-Central Brazil. BioEnergy Research

REGIÃO SUDESTE DE GOIÁS

Em geral, a remoção da palha promoveu decréscimos na produtividade, variando de 2 a 13 t ha^{-1}, dependendo da taxa de remoção. Entretanto, em determinadas condições, tais como em áreas irrigadas ou com lençol freático raso, a remoção da palha não afeta ou pode aumentar a produtividade da cana-de-açúcar.

REGIÃO CENTRO OESTE DE SÃO PAULO

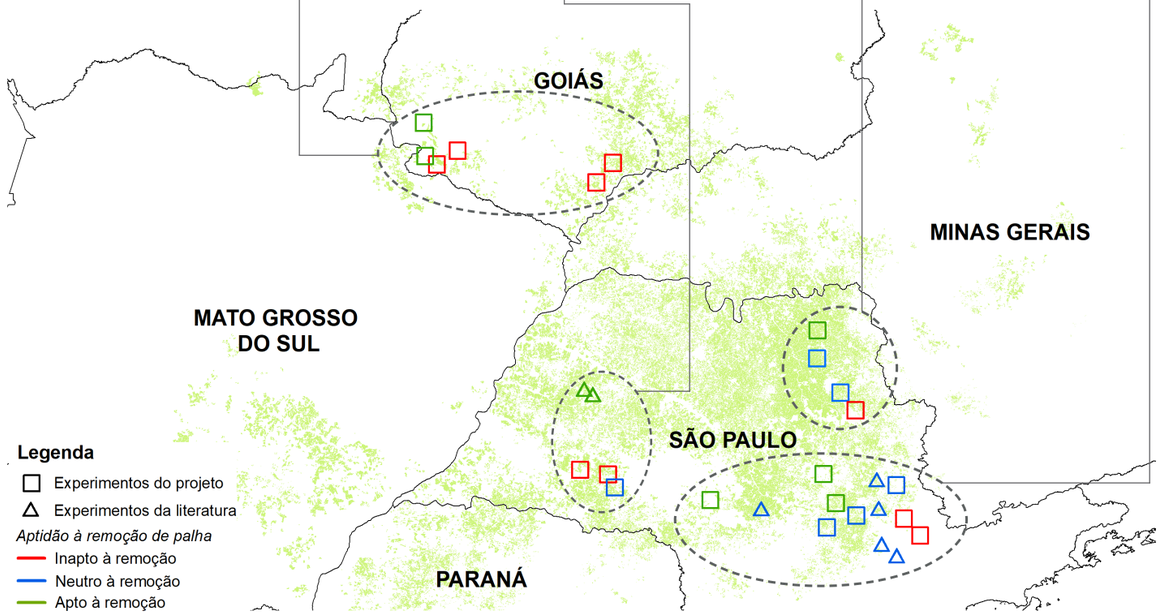
A remoção da palha promoveu decréscimos de 2 a 6 t ha^{-1}. Contudo, em algumas situações, tais como em áreas de colheita em época seca e fria, a remoção da palha não interferiu na produtividade da cana-de-açúcar.

REGIÃO NORDESTE DE SÃO PAULO

Os efeitos da remoção da palha na produtividade da cana-de-açúcar não seguiram uma tendência lógica, sendo totalmente associados aos locais avaliados. Em determinados locais e anos de avaliação, a remoção da palha aumentou, reduziu ou não afetou a produtividade da cultura.

REGIÃO CENTRO LESTE DE SÃO PAULO

De modo geral, observou-se que a região tem potencial para a remoção de palha, uma vez que a remoção total ou parcial não afetou a produtividade da cultura na maioria dos locais avaliados.

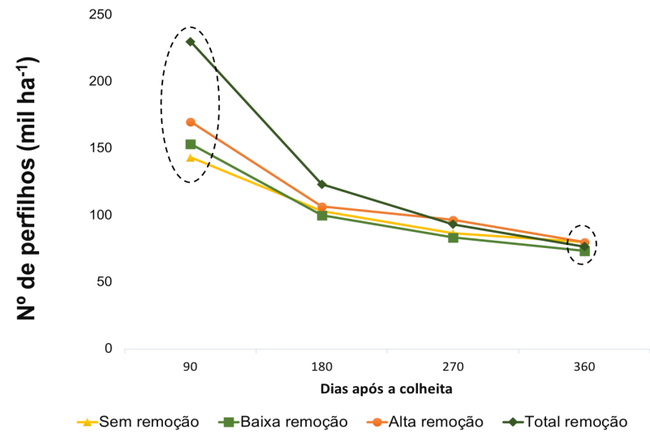


PERFILHAMENTO

EXPERIMENTAÇÃO

Acredita-se que a manutenção da palha no campo afeta a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar, podendo impactar negativamente a produtividade dos canaviais. Os resultados do Projeto SUCRE evidenciam um padrão de perfilhamento e desenvolvimento inicial da cultura em cenários de remoção de palha, permitindo uma visão mais abrangente sobre este assunto. Em áreas com remoção total de palha observa-se alto perfilhamento inicial, seguido de alta mortalidade dos perfilhos ao longo da safra. Por outro lado, a manutenção da palha sobre o solo (sem remoção e/ou remoção parcial) reduz o perfilhamento inicial, porém, o número de perfilhos se mantêm mais constante ao longo da safra. Isso faz com que na colheita, o número de perfilhos por hectare seja similar independente da taxa de remoção. Deste modo, os dados do Projeto SUCRE sugerem que a avaliação do perfilhamento inicial não é um bom indicativo para predizer os efeitos da remoção da palha na capacidade produtiva do canavial. Vale destacar a exceção de colheitas em épocas mais frias (ex. meio de safra), e regiões com baixas temperaturas, onde a remoção ou o aleiramento da palha da linha da cana são recomendados, pois nesse caso a palha pode afetar negativamente o perfilhamento e a produtividade final.

Perfilhamento x Remoção de palha
Exemplo de resultado em área do Centro-Sul do Brasil



QUANTO, QUANDO E ONDE REMOVER A PALHA?

Conhecendo a importância da palha no solo e seu potencial energético como matéria prima para produção de bioenergia, o setor sucroenergético vem utilizando como padrão a remoção de 50% da palha dos canaviais. No entanto, denota-se a partir dos resultados de produtividade e qualidade do solo que as respostas à remoção da palha variam de acordo com a quantidade de palha, condições climáticas, tipos de solo, épocas de colheita, entre outros fatores.

Partindo do pressuposto de que a produtividade de palha varia de 4 a 30 t ha^{-1}, não seria pertinente admitir que a manutenção de 50% da palha produzida em diferentes locais exerceria a mesma função ecossistêmica nos canaviais.

Apresentamos agora um Guia com o passo-a-passo para a remoção estratégica da palha da cana-de-açúcar. **Esse Guia auxiliará na tomada de decisão de quanto, quando e onde remover a palha, conciliando ganhos na produtividade, conservação do solo e disponibilidade de palha para produção de bioenergia.** Esse passo-a-passo foi criado a partir de princípios estratégicos baseados nos resultados do Projeto SUCRE, bem como, opinião de especialistas. O passo-a-passo pode ser aplicado em qualquer unidade produtora de cana-de-açúcar, utilizando uma **ferramenta de planejamento e gestão**, desenvolvida no Projeto SUCRE, aliada ao uso de softwares de geotecnologia. **Com essa ferramenta é possível gerar mapas de remoção de palha baseado na conservação do solo e na produtividade da cana-de-açúcar.**

A partir desse mapa, as unidades produtoras poderão ajustá-lo as suas condições operacionais, incluindo a viabilidade econômica, logística e maquinário disponível para recolhimento, entre outras especificidades (como por exemplo, infestações de pragas) de modo a gerar mapas de remoção de palha personalizados para cada safra. Ou seja, a metodologia apresentada é aplicável em escala local, com o objetivo de direcionar a remoção da palha em campo conforme as necessidades da unidade produtora.

ACESSE O TUTORIAL DE USO DA FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA REMOÇÃO DE PALHA:

HTTP://BIT.LY/FERRAMENTAS-SUCRE

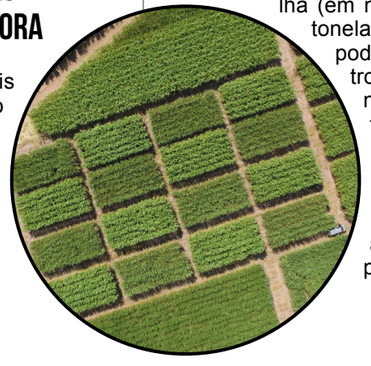
Esse é um grande avanço na otimização do manejo e uso da palha, que até então não dispunha de ferramenta similar. Agora o novo desafio é a implementação e validação eficiente desta ferramenta nas unidades produtoras para que esta estratégia faça parte do planejamento anual da safra agrícola. Planejar a remoção da palha é tão importante quanto o planejamento da adubação, controle de plantas daninhas, colheitas, entre outros, que são comumente realizados pelas unidades produtoras. Afinal, o manejo da palha pode interferir nestes diversos fatores que afetam a produção da cana-de-açúcar.

PASSO A PASSO PARA A REMOÇÃO ESTRATÉGICA DA PALHA

1 LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DA UNIDADE PRODUTORA

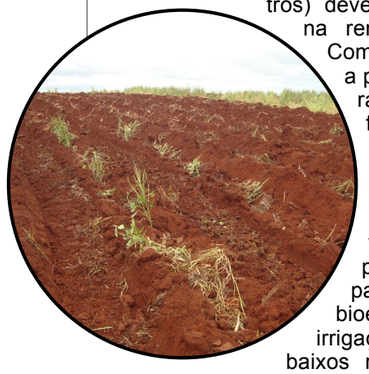
Informações básicas por talhão, tais como declividade do local, textura do solo, data de colheita, estágio de corte (isto é, cana planta, soqueiras, área para reforma), irrigação e produtividade por talhão, são normalmente de fácil conhecimento nas unidades produtoras. Essas informações serão a base para a remoção estratégica da palha.

2 CALCULANDO A PRODUÇÃO DE PALHA POR TALHÃO



A produção de palha deve ser estimada por talhão para verificar a disponibilidade de palha na área. A relação de 12% de palha (em massa seca) para cada tonelada de cana produzida pode ser utilizada no Centro-Sul do Brasil. Adicionalmente, uma estimativa mais precisa pode ser realizada por meio de avaliações biométricas por talhão (ou grupo de talhões) para aferir a quantidade de palha produzida.

3 PRIORIZANDO AS ÁREAS PARA REMOÇÃO

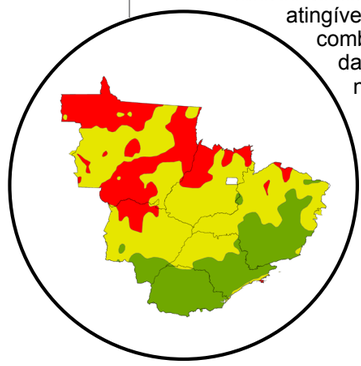


Áreas de reforma com preparo convencional (aração, gradagem, subsolagem, entre outros) devem ser prioritárias na remoção da palha. Com o preparo do solo, a palha será incorporada, perdendo a função de proteção contra processos erosivos. Nesse sentido, torna-se pertinente o aproveitamento da palha na indústria para a produção de bioenergia. Áreas sob irrigação plena, com baixos riscos de erosão, também são prioritárias para a remoção da palha.

Escaneie o QRCode e acesse o tutorial

4 QUAL É A APTIDÃO À REMOÇÃO CONSIDERANDO O EFEITO COMBINADO DO CLIMA E DA CAMADA DE PALHA?

A influência do clima na produtividade da cana-de-açúcar é amplamente conhecida. Os resultados do Projeto SUCRE evidenciam que a radiação solar é a principal responsável pela produtividade potencial da cana-de-açúcar, ao passo que a precipitação e a temperatura são fatores decisivos na produtividade atingível. Esses parâmetros combinados ao efeito da camada de palha no solo são de extrema importância no melhor aproveitamento da palha para alcançar altas produtividades da cultura.



5 RESTRINGINDO AS ÁREAS COM CONDIÇÕES FAVORÁVEIS A EROSÃO DO SOLO

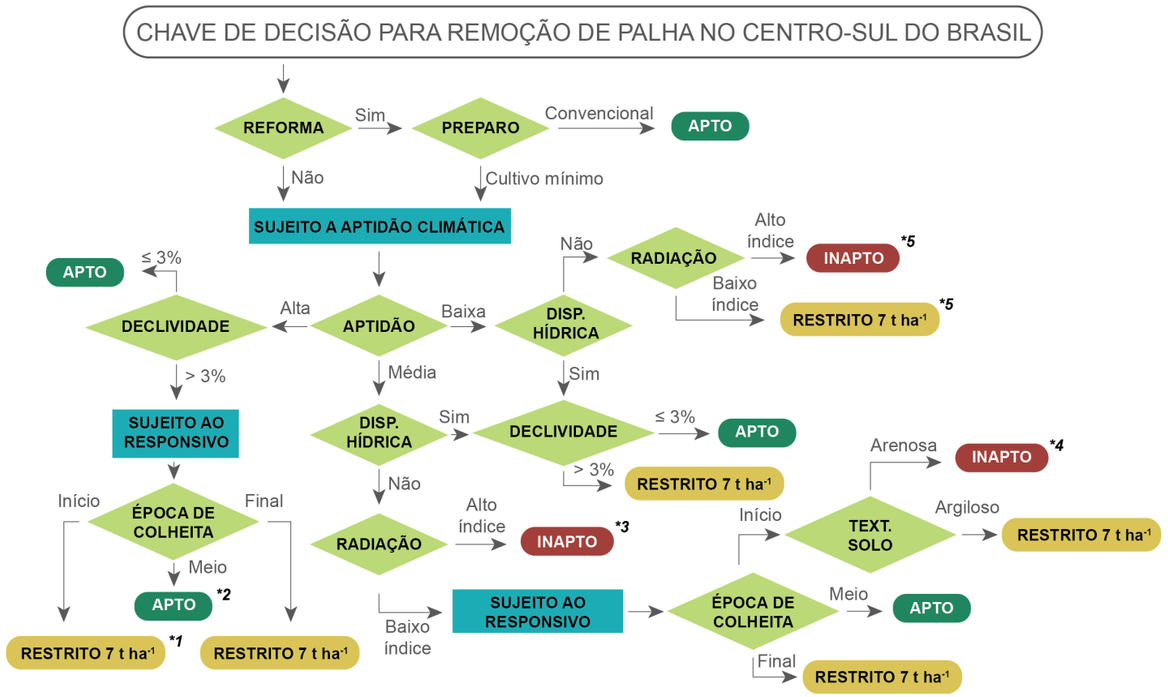
Áreas com declividade maior que 3% são susceptíveis aos processos erosivos. A manutenção do solo coberto com palha tem papel preponderante no controle da erosão, principalmente nos primeiros meses em que o dossel do canavial é baixo, expondo o solo às intempéries climáticas. Desta forma, recomenda-se manter ao menos 7 t ha^{-1} (base seca) de palha para o controle das perdas por processos erosivos em áreas com declividade acima de 3%.

6 INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE COLHEITA E DA TEXTURA DO SOLO

A época de colheita e a textura do solo são fatores decisivos na estratégia de remoção de palha, pois, aliados ao clima, refletem na conservação do solo e produtividade da cana-de-açúcar. Áreas localizadas em regiões com baixa temperatura e colheita em meio de safra é recomendada a remoção de palha. Por outro lado, em colheitas realizadas em época chuvosa (início e final de safra) e/ou em solos propensos a erosão, recomenda-se a manutenção de 7 t ha^{-1} (base seca) de palha sob o solo.

CHAVE DE DECISÃO

Baseado nesses passos foi desenvolvido pela equipe do Projeto SUCRE uma *Chave de Decisão para Remoção de Palha da Cana-de-açúcar* no Centro-Sul do Brasil. É a partir dessa Chave que se obtém o mapa base de remoção. Veja a Chave de Decisão, abaixo.



LEGENDA

1 No final do início de safra, recomenda-se a remoção da palha caso a temperatura mínima seja crítica e sem chuvas. Na presença de chuvas intensas, recomenda-se somente afastar a palha da linha da cana-de-açúcar.

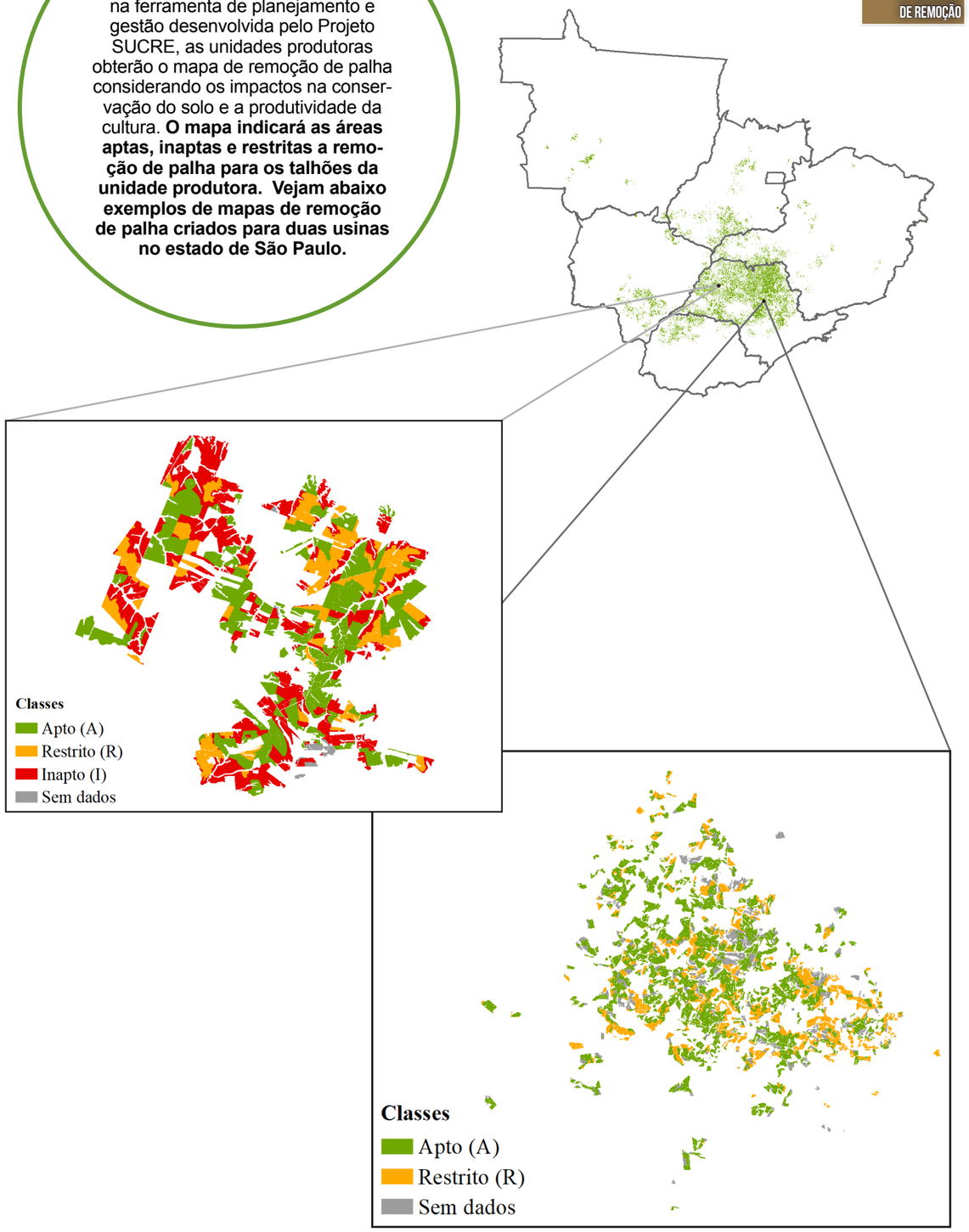
2 No final do meio de safra, caso haja intensificação de chuvas, recomenda-se a restrição de 7 t ha^{-1} para conservação do solo, com afastamento da palha da linha da cana-de-açúcar se a temperatura mínima for crítica.

3 Não foi encontrado ponto de inflexão até 17,2 t ha^{-1} de palha (base seca).

4 Não foi encontrado ponto de inflexão até 12,4 t ha^{-1} de palha (base seca).

5 Não há avaliação experimental nestas áreas e a aptidão foi baseada na resposta de potencial produtivo da cana-de-açúcar.

Com base no passo-a-passo até aqui, utilizando a chave de decisão na ferramenta de planejamento e gestão desenvolvida pelo Projeto SUCRE, as unidades produtoras obterão o mapa de remoção de palha considerando os impactos na conservação do solo e a produtividade da cultura. **O mapa indicará as áreas aptas, inaptas e restritas a remoção de palha para os talhões da unidade produtora. Vejam abaixo exemplos de mapas de remoção de palha criados para duas usinas no estado de São Paulo.**

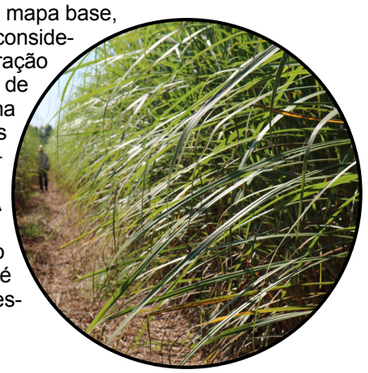


PRÓXIMOS PASSOS PARA A REMOÇÃO ESTRATÉGICA DA PALHA

ESTRATÉGIAS DE REMOÇÃO

7 OUTROS FATORES DE RELEVÂNCIA QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR E A QUALIDADE DO SOLO

Pragas, plantas daninhas, entre outros fatores, afetam a produtividade da cana-de-açúcar. Baseado nos indícios apresentados nesta cartilha, o gestor pode optar por remover ou não a palha em condições específicas da unidade produtora. Esses fatores não estão contemplados no mapa base, mas devem ser considerados na elaboração do mapa final de remoção da palha através de filtros específicos, criados pela unidade produtora. A ferramenta desenvolvida pelo Projeto SUCRE é compatível com essas adequações.



8 RECOLHIMENTO DA PALHA

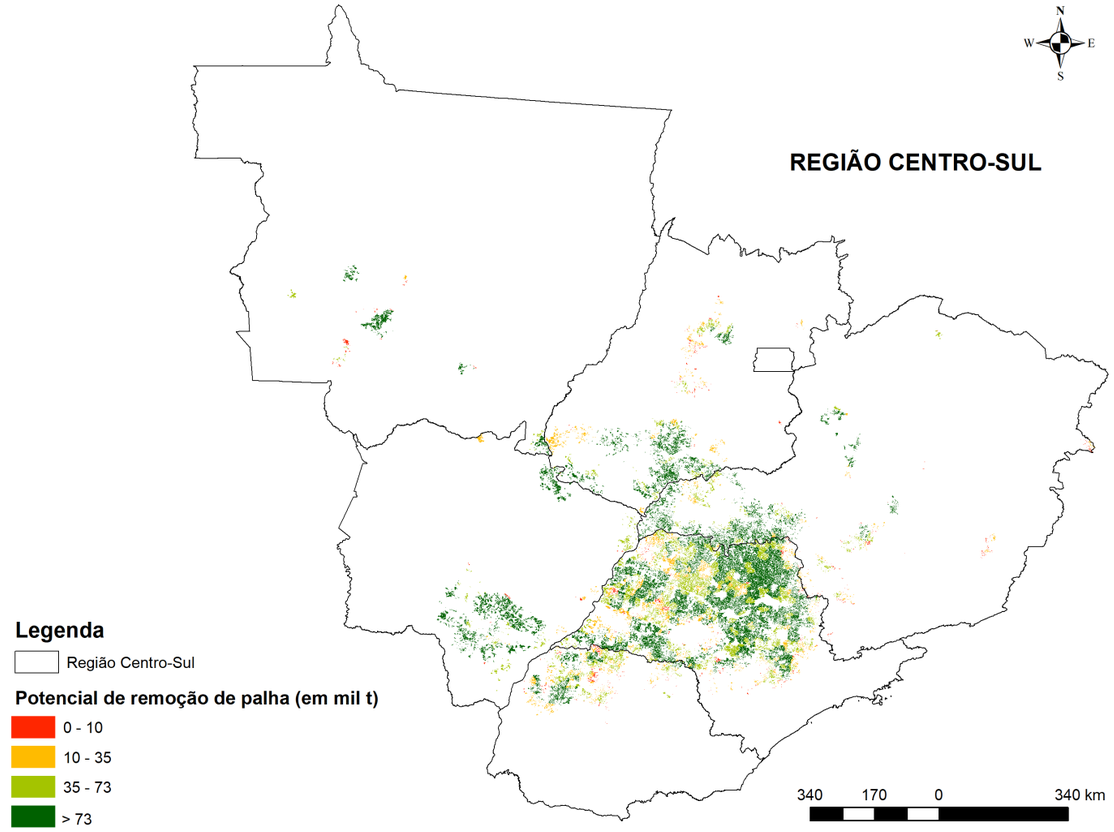
Definidas as áreas aptas a remoção da palha, é hora de pensar na logística, rotas e custos de recolhimento. Cada unidade produtora deverá adequar a remoção de acordo com sua condição operacional de modo a gerar mapas personalizados. Informações sobre as rotas e custos de recolhimento, podem ser obtidas no site do Projeto SUCRE.

NOTA:

As classes de aptidão definidas levam em consideração que o recolhimento de palha não afeta a qualidade da soqueira. Para isso, é necessário que as operações de recolhimento de palha sejam realizadas conforme as seguintes indicações técnicas:
- abertura das bitolas dos tratores e implementos a fim de evitar o pisoteio nas linhas de cana-de-açúcar;
- adequada regulagem da altura dos ancinhos do aleirador e enfardador evitando o arranquio de soqueiras;
- distribuição homogênea da palha residual após o enfardamento, para que haja cobertura do solo e não só da linha de cana-de-açúcar.

SOMENTE COM A REMOÇÃO ESTRATÉGICA OTIMIZAREMOS O USO DA PALHA, ATENDENDO AS DEMANDAS PARA BIOENERGIA SEM COMPROMETER A QUALIDADE DOS CANAVIAIS!

POTENCIAL DE REMOÇÃO DA PALHA NO CENTRO-SUL DO BRASIL FAVORECENDO A CONSERVAÇÃO DO SOLO E A PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR



Ainda que, em média, 68,5 milhões de toneladas de palha sejam produzidas a cada safra na região Centro-Sul do Brasil, o total passível de ser removido é de aproximadamente 43 milhões de toneladas. Esse valor leva em consideração as quantidades mínimas de palha a serem deixadas no campo, visando favorecer a conservação do solo, com o controle da perda de solo por erosão, e a produtividade dos canaviais avaliados. As quantidades mínimas de palha foram atribuídas de acordo com a classificação agroclimática em que o canavial se encontra e, as quantidades a serem removidas foram estimadas através das áreas de cana-de-açúcar mapeadas para o Centro-Sul e das produtividades municipais fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Em média, considerando a safra utilizada na estimativa, 63% da palha produzida no Centro-Sul do Brasil pode ser removida para fins bioenergéticos, variando de 19% em áreas de baixa aptidão à remoção, 57% em áreas de média aptidão até 77% em áreas de alta aptidão agroclimática à remoção de palha.

CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

PÁTRIA AMADA BRASIL
GOVERNO FEDERAL

AVISO LEGAL

Apesar das informações neste arquivo derivarem de fontes confiáveis e os autores, revisores e editores deste material terem tomado medidas abrangentes para garantir a compilação e processamento destas informações em padrões comumente aceitos, o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM, seus representantes, funcionários, diretores, agentes, fornecedores ou terceiros mencionados neste arquivo não fazem qualquer declaração ou dão qualquer tipo de garantia, expressa ou implícita, sobre a veracidade, exatidão, adequação ou conformidade da informação para uma finalidade especifica (comercial ou não) ou ausência de infração de propriedade intelectual ou direito autoral. Em nenhuma hipótese o CNPEM, seus representantes, funcionários, diretores, agentes, fornecedores ou terceiros serão responsáveis por danos diretos, indiretos, incidentais, punitivos, especiais ou consequenciais de qualquer natureza (incluindo, sem limitação, danos materiais e morais decorrentes do uso, incapacidade de uso ou resultados do uso) sejam eles baseados em garantia, contrato, responsabilidade civil ou qualquer outra teoria legal ou equitativa. O conteúdo desta publicação é protegido por leis de direitos autorais, tratados internacionais ou outros tratados e leis de propriedade intelectual. Exceto se expressamente disposto de forma contrária, os dados gerados pelo CNPEM no bojo do Projeto SUCRE podem ser reproduzidos desde que seja citado a autoria como sendo do Projeto SUCRE/LNBR/CNPEM e mantendo fidelidade ao conteúdo oficial dos documentos publicados.