

Observatório ABC



Proposta de Monitoramento, Relato e Verificação das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono

Observatório do Plano ABC e Plataforma ABC



RELATÓRIO COMPLETO

Janeiro de 2020



PROJETO

Observatório ABC

APOIO

Climate and Land Use Alliance (CLUA)

ORGANIZAÇÃO RESPONSÁVEL PELO PROJETO

Fundação Getúlio Vargas (FGV)

Centro de Estudos em Agronegócio (FGV Agro), Escola de Economia de São Paulo (EESP)

COORDENADOR DO FGV AGRO

Roberto Rodrigues

COORDENAÇÃO DO PROJETO

Angelo Costa Gurgel

Cecília Fagan Costa

COORDENAÇÃO DO ESTUDO

Bruno Benzaquen Perosa

EQUIPE TÉCNICA DO ESTUDO

Bruno Benzaquen Perosa

Celso Manzatto

Maria Leonor Lopes Assad

Eduardo Assad

Luiz Fernando Vicente

Andrea Koga Vicente

Luciana Spinelli-Araujo

Janeiro de 2020

VEJA O ESTUDO EM: <http://observatorioabc.com.br/publicacoes>

Sumário

Sumário Executivo	4
1. Introdução (contextualização e objetivo)	10
2. Sistemas de MRV.....	12
2.1 Governança e Monitoramento Ambiental	12
2.2. Mitigação de Emissões na Agropecuária Brasileira – últimos resultados	13
2.3. Experiências Internacionais.....	15
3. Sistemas e práticas da agricultura de baixa emissão de carbono	16
3.1. Sistemas Integrados	16
3.2. Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD).....	17
3.3. Métodos de recuperação e renovação de pastagens	19
4. Componentes e ferramentas do sistema de MRV	21
4.1 Mensuração/Monitoramento	21
4.2 Relato	23
4.3 Verificação	24
5. Etapas da implantação dos sistemas e possíveis formas de monitoramento.....	25
5.1 Implantação e acompanhamento de ILP (integração lavoura-pecuária)	25
5.2 Recuperação e renovação de pastagens degradadas (RPD)	31
6. Proposta de Protocolo MRV para propriedades rurais	35
6.1 Introdução:.....	35
6.2 Ferramentas de Coleta, Processamento e Monitoramento.....	35
6.3 Metodologia de Aplicação	36
6.4. Descrição das Fases do Protocolo de MRV Proposto	38
6.5. Potenciais usos do protocolo	40
6.6. Teste-piloto – planejamento	41
7. Conclusão: desafios para implementação do MRV.....	41
REFERENCIAS.....	43
ANEXO 1 – Dificuldades para recuperação e implementação de sistemas integrados.....	46
ANEXO 2 - Diagnóstico da Propriedade Rural	49

Monitoramento, Relato e Verificação das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono

Sumário Executivo

O Brasil tem assumido um papel relevante nos acordos internacionais de enfrentamento das mudanças do clima. Na conferência do clima de Copenhague em 2009 firmou um compromisso voluntário de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, tendo o setor agropecuário um papel de destaque nesse compromisso. Na ocasião, o país propôs a adoção de tecnologias de baixa emissão de carbono, objetivando reduzir de 133,9 a 162,9 milhões tCO₂eq entre 2010 a 2020, através do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC). A Contribuição da agricultura de baixa emissão de carbono também foi considerada no compromisso mais recente assumido pelo país, no Acordo de Paris em 2015, visando a redução de emissões até 2025 e 2030.

O Plano ABC conta com recursos do crédito rural através do Programa ABC para incentivo à adoção das tecnologias de baixa emissão de carbono pelos agricultores, além de ações de fomento, treinamento e disseminação das práticas e tecnologias de baixa emissão de carbono. Contudo, é preciso desenvolver ferramentas e instrumentos de monitoramento, de forma a contabilizar os esforços de mitigação dos agricultores, bem como operacionalizar as políticas de incentivo (como o Programa ABC). Ainda, o monitoramento das emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira é imprescindível para que o setor privado se interesse pelas diversas oportunidades de mitigação nesse setor.

Este documento apresenta uma proposta conceitual de um sistema de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV) da agricultura de baixa emissão de carbono e do Plano ABC, desenvolvido a partir de uma parceria entre a Plataforma ABC do MAPA/Embrapa e pelo Observatório da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Para desenhar a presente proposta, foram consideradas as exigências de processos de monitoramento e as experiências internacionais com o tema, bem como os aspectos técnicos das principais práticas da Agricultura ABC. Além disso, diversas ferramentas inovadoras vem sendo desenvolvidas pela EMBRAPA para coleta e quantificação de emissões, tendo a Plataforma ABC papel relevante na criação, articulação e disseminação dessas ferramentas. A proposta aqui apresentada combina e integra as diferentes ferramentas de coleta de dados e informações a campo e remotamente, banco de dados de múltiplo uso, e formas de cálculo e verificação. O sistema proposto pode ser adequado a diferentes propósitos, como a verificação de baixo custo de projetos financiados por instituições públicas, até a customização para certificações privadas.

Etapas do Sistema de MRV

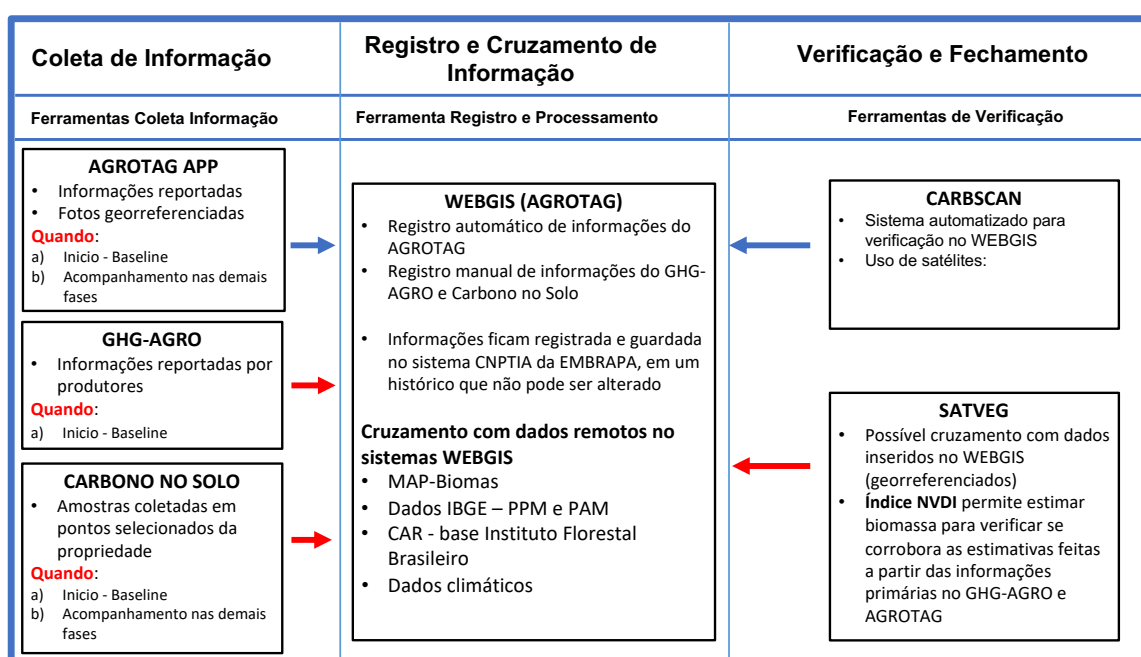
A proposta de sistema de MRV considera 3 etapas: 1) implementação/baseline; 2) acompanhamento; 3) encerramento e cálculo. A Figura S1 lista as diferentes ferramentas utilizadas no protocolo em cada uma das etapas e as conexões de dados e informações entre elas. As ferramentas utilizadas em cada uma dessas etapas podem ser descritas como:

Etapas **1** - IMPLEMENTAÇÃO E BASELINE –uso das ferramentas GHG-AGRO, AGROTAG e testes/amostras de Carbono no Solo.

- a) GHG-AGRO – planilhas eletrônicas onde as informações sobre o sistema produtivo são inseridas, permitindo o cálculo do montante de carbono contido no solo. Essas informações são oriundas dos agricultores ou de consultores adotando as práticas de agricultura ABC.
- b) APP AGROTAG – aplicativo de celular que coleta informações a campo, como fotos, informações da propriedade, entre outras reportadas pelos produtores. Todos os dados de entrada no app são georreferenciados, e estão integrados com o AGROTAG-WEBGIS, que mantém registro de todas as informações.
- c) Carbono no solo – os testes de carbono no solo são realizados a partir de coleta de amostras locais, tendo sua localização registrada pelo APP AGROTAG.

Esses dados são inseridos no sistema AGROTAG-WEBGIS, garantindo um registro preciso e inviolável que permitirá o acompanhamento das atividades e o cálculo nas próximas etapas.

Figura S1. Etapas do protocolo de MRV para a agricultura ABC



Etapa 2 - ACOMPANHAMENTO – permite monitorar, por meio de sistemas locais e remotos, a aplicação e desenvolvimento das práticas da agricultura ABC, permitindo acompanhar a evolução das emissões e estoque de carbono. A coleta e registro de informações durante essa fase deve ser adequada ao tipo de prática/técnica de agricultura ABC em andamento, bem como ao propósito do monitoramento. Tal acompanhamento permite avaliar se as etapas previstas no projeto foram desenvolvidas a contento.

As ferramentas mencionadas na etapa 1 (GHG AGRO, APP AGROTAG e AGROTAG-WEBGIS) devem ser alimentadas com novos dados ao longo do processo de implementação das práticas e técnicas da agricultura ABC. Como exemplo, no caso de um sistema integrado de “ILP Santa Fé”, coletam-se dados com o APP AGROTAG e/ou registram-se no GHG AGRO algumas etapas do projeto que atestem a sua implementação (como o preparo do solo, semeadura ou desenvolvimento da soja ou colheita da soja, ceifa da braquiária, o plantio do milho ou a colheita do milho, a introdução dos animais, etc).

Novos testes de carbono no solo podem ser considerados, permitindo avaliar a variação no estoque de carbono do solo ao longo do projeto. Ferramentas de monitoramento remoto também podem auxiliar no acompanhamento, como o uso do SATVEG, que permite

acompanhar pelo NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) se a coloração da paisagem aponta os índices de biomassa esperados pela implantação de uma determinada tecnologia ABC.

Etapa 3 - ENCERRAMENTO e CÁLCULO – ao final do ciclo de produção do sistema agropecuário e da última coleta de informações, calculam-se as emissões mitigadas. Para tal, o GHG-AGRO estima o balanço de carbono a partir do baseline criado e das informações coletadas nas fases seguintes até o encerramento. A estimativa pode ser comparada com os resultados de amostras coletadas de carbono no solo ao final do ciclo, permitindo um cálculo de mitigação mais preciso. O APP AGROTAG também permite o cálculo por meio de sua calculadora de emissões.

As Figuras S2 e S3 ilustram a proposta de MRV segundo uma lógica de “protocolo” de implementação, considerando as etapas anteriormente descritas. O racional por trás de cada uma das etapas/fases de implementação é apresentado em maiores detalhes a seguir.

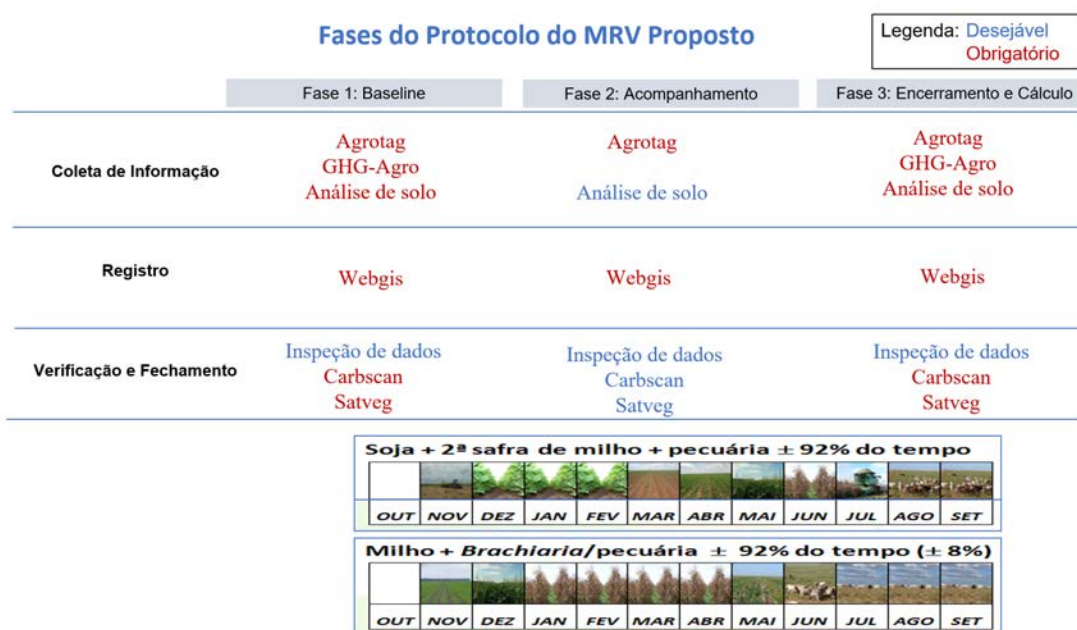
Fase 1: Baseline

- Objetivo: Estabelecer o nível inicial de carbono do solo e conhecer as características e o uso da área do projeto antes da implantação. Requer (imprescindível) a análise de solo e o preenchimento de informações essenciais que caracterizam o “momento antes” do projeto (uso do solo).
- Quando: durante as fases iniciais de preparação e implantação do projeto e preparo de solo
- Dados e informações: caracterização da propriedade e do projeto a ser implantado ou em início de implantação (georreferenciamento, área, tipo de solo, clima, culturas e variedades, número de animais, etc.).
- Ferramenta(s) de coleta da informação: Agrotag-App, GHG-Agro e Análise de solo.
- Registro dos dados: Agrotag-Webgis (todas as informações coletadas são transmitidas e registradas, automaticamente ou manualmente, no Agrotag-Webgis).
- Verificação: inspeção dos dados e/ou Carbscan e Satveg.

Fase 2: Acompanhamento

- Objetivo: verificar etapas do andamento do projeto para fins de acompanhamento por parte de financiadores, apoiadores, agentes de assistência técnica, pesquisadores, consultores e demais agentes interessados. Permite recomendar ações para correção ou melhorias do projeto. Recomenda-se ao menos uma coleta de informação visual (foto) que comprove cada produto ou atividade implantada (ex.: no caso de iLPF, três fotos), e uma coleta de análise de solo.
- Quando: durante alguma(s) das seguintes fases: plantio e replantio das sementes e mudas, germinação, adubação de cobertura, crescimento e desenvolvimento das culturas, tratos culturais, controle de pragas e doenças, colheita, desbastes, entrada e engorda dos animais, retirada dos animais.
- Dados e informações: dados diversos de acompanhamento da produção que permitam identificar as diversas atividades realizadas, o aferimento da produtividade das diferentes atividades, e a comprovação dos processos implementados ou produtos produzidos ou em produção. Fotos da atividade em posição com azimute pré-estabelecido, por exemplo.
- Ferramenta(s) de coleta da informação: Agrotag-App e Análise de solo.
- Registro dos dados: Agrotag-Webgis (todas as informações coletadas são transmitidas e registradas, automaticamente ou manualmente, no Agrotag-Webgis).
- Verificação: inspeção dos dados e/ou Carbscan e Satveg.

Figura S2. Fases do protocolo do MRV para a agricultura ABC



Fase 3: Encerramento e Cálculo (Consolidação)

- Objetivo: verificar os resultados do projeto. Requer (imprescindível) a análise de solo e a contabilização da produção por área de cada produto gerado. Requer também a consolidação de cálculos de variação do carbono no solo e no balanço de carbono do sistema produtivo, e de comparação temporal de informações obtidas remotamente.
- Quando: ao final do tempo de maturação do projeto (no caso de recuperação de pastagens), ou de um ciclo produtivo completo de ao menos dois produtos (no caso de sistemas ilPF). A consolidação não precisa necessariamente estar associada ao término do projeto, mas indica um ponto em que seja necessário cruzar informações de diferentes ferramentas de coleta, registro e verificação.
- Dados e informações: resultados de produção e produtividade dos diferentes produtos gerados (toneladas de grão por hectare, peso dos animais, quantidade de madeira, etc.), análise de solo.
- Ferramenta(s) de coleta da informação: Agrotag, GHG-Agro, Análise de solo.
- Registro dos dados: Agrota-Webgis (todas as informações coletadas são transmitidas e registradas, automaticamente ou manualmente, no Agrotag-Webgis).
- Contabilização do carbono: comparação das análises de solo das três fases, GHG-Agro, Agrotag-Webgis
- Verificação: inspeção dos dados e/ou Carbscan e Satveg. Comparação das variações de carbono dessas ferramentas com as calculadas pelas análises de solo e pelo GHG-Agro.

Figura S3. Atividades, informações e implementação do MRV para a agricultura ABC

Atividades, Informações e Implementação do MRV Proposto			
	Fase 1: Baseline	Fase 2: Acompanhamento	Fase 3: Encerramento e Cálculo
Coleta de Informação	Uso anterior da área e produtividade, georreferenciamento, solo, clima, carbono no solo	Fotos e registros de etapas e produtos (plantio, tratos culturais, colheita, entrada de animais, etc.)	Produção, produtividade, carbono no solo
Registro	Informações coletadas	Informações coletadas	Informações coletadas
Verificação e Fechamento	Inspeção das informações, imagens de satélite e índices de vegetação	Inspeção das informações, imagens de satélite e índices de vegetação	Contabilização e comparação do carbono do solo, do GHG-Agro, e das imagens de satélite e índices de vegetação)

Soja + 2ª safra de milho + pecuária ± 92% do tempo											
OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET

Milho + Brachiaria/pecuária ± 92% do tempo (± 8%)											
OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET

Exemplo simplificado de etapas do sistema de MRV para um agente financeiro

Como sugestão de uso do sistema aqui proposto, seguem as etapas e ferramentas que poderiam ser utilizadas por um agente financeiro interessado em monitorar agricultores que tomem crédito do Programa ABC (ou de linhas próprias da instituição).

Etapas 1 – Estabelecimento do Baseline

- Coleta de Informação
 - Teste Carbono no Solo (amostra georreferenciada usando AGROTAG);
 - APP AGROTAG – informações sobre delimitação da área, uso prévio da terra e fotos do local do projeto;
- Relato e Registro das informações
 - WEBGYS/AGROTAG – inserir informações (teste de carbono, informações de uso prévio, fotos, etc...);

Etapas 2 – Acompanhamento do projeto

- Coleta de informação
 - APP AGROTAG – fotos do local do projeto
- Relato e Registro das informações
 - WEBGYS/AGROTAG – inserir fotos atualizadas

Etapas 3 – Fechamento de Cálculo

- Coleta de informação
 - Teste Carbono do Solo após final do projeto
 - AGROTAG APP – fotos atualizadas
- Cálculo
 - Comparação de testes de carbono inicial e final
 - Estimativa de AGROTAG baseada em fatores de emissão da EMBRAPA
- Verificação
 - Comparação com imagens SATVEG / CARBSCAN da área de realização do projeto – verificar se corresponde ao cálculo do carbono

A proposta de MRV aqui apresentada tem como principal função o monitoramento da adoção de um sistema de agricultura de baixa emissão de carbono. É flexível e pode ser adaptada para

diferentes fins e condições orçamentárias, como para uma certificação de terceira parte, ou para uso por agentes financeiros para monitorar o crédito concedido. Outras modalidades de crédito privado, como investimentos “verdes”, também requerem ferramentas de MRV para sua implementação. Dessa forma, a proposta aqui apresentada deve tanto contribuir para o monitoramento do Plano ABC e do Programa ABC, mas também pode impulsionar o mercado de finanças sustentáveis no país. Por fim, a informação gerada pelo MRV também pode ser usada por produtores e cadeias do agronegócio para comunicar a sustentabilidade de sua produção. Esse tipo de comunicação contribui para conquista de novos mercados e obtenção de prêmios de preço para produtores, especialmente no mercado exterior. Indiretamente, as informações coletadas em um protocolo de verificação privado podem alimentar a base de cálculos da Plataforma ABC, responsável por articular uma rede colaborativa de monitoramento de práticas de redução de emissões na agropecuária brasileira. O trabalho da Plataforma ABC, alimentado pelas iniciativas privadas e financeiras de monitoramento, é de suma relevância para calcular a contribuição da agricultura brasileira para a mitigação nacional e para aprimorar o inventário de emissões brasileiro.

Monitoramento, Relato e Verificação das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono

1. Introdução (contextualização e objetivo)

Desde os primeiros acordos climáticos, como o Protocolo de Kyoto em 1997, o Brasil vem participando de acordos climáticos e se comprometendo a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Em 2009, na conferência COP-15 em Copenhague, o governo brasileiro assumiu compromissos claros de mitigação, que foram reforçados e ampliados a partir da assinatura do acordo de Paris, em 2015.

Devido à importância da atividade agropecuária na economia brasileira, este setor é parte fundamental nessa estratégia de mitigação. Segundo Manzatto et. al (2018), a agropecuária é atualmente responsável por 31% das emissões brasileiras. Ainda, efeitos indiretos (desmatamento, combustíveis usados na logística para escoamento da produção, tratamento de efluentes, entre outros), costumam ser atribuídos à agropecuária.

Já no compromisso assumido em 2009 (COP-15), a agropecuária apresentava papel de destaque e propôs-se a adoção e a ampliação de tecnologias de baixa emissão de carbono, objetivando reduzir de 133,9 a 162,9 milhões tCO₂eq entre 2010 a 2020, conforme descrito no Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC, 2011). Mais recentemente, foi anunciado pelo Governo brasileiro sua Contribuição Nacionalmente Determinada (*Nationally Determined Contribution – NDC*), na qual o Brasil se comprometeu a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025, e em 43% abaixo dos níveis de 2005, até 2030.

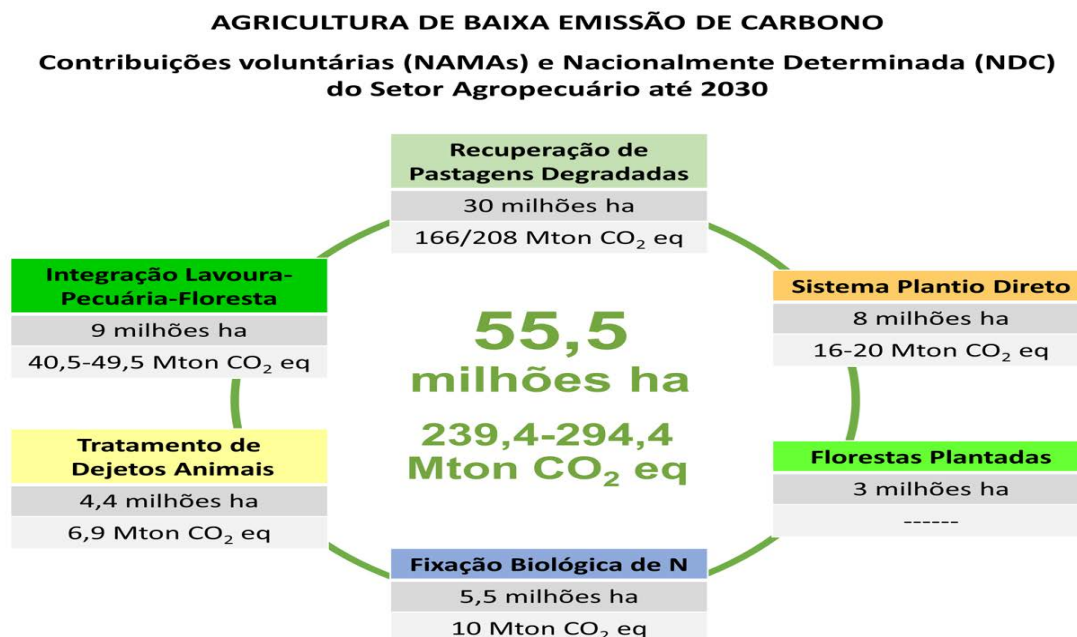
Nesse sentido, o Plano ABC reconhece que o potencial de mitigação só será atingido se novas tecnologias forem disponibilizadas para os agricultores, considerando seus custos e incrementos de produtividade (BRASIL, 2011). No que tange a geração de novas tecnologias, o plano ABC estabeleceu seis tecnologias/práticas principais para concentrar seus esforços de mitigação: recuperação de pastagens degradadas; integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); sistema de plantio direto; florestas plantadas; tratamento de dejetos animais, e; fixação biológica de nitrogênio. Para cada uma dessas práticas, pesquisadores da EMBRAPA e da rede de pesquisa associada à Plataforma ABC¹ vêm desenvolvendo tecnologias que atendam as demandas dos produtores rurais.

A Figura 1 apresenta as projeções de mitigação para cada uma dessas tecnologias, atualizadas para 2030 e considerando a área e o total de carbono equivalente que seriam evitados pela sua implantação.

Por possuir o maior rebanho bovino do mundo, com cerca de 218 milhões de cabeças em 2017, o Brasil tem potencial para grandes mitigações na atividade pecuária. A recuperação de pastagens degradadas representa 57% do total de reduções previstos no Plano ABC.

¹ Plataforma Multi-institucional de Monitoramento das Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária (Plataforma ABC), tem como missão articular ações multi-institucionais de monitoramento da redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) dos setores da agropecuária brasileira, sobretudo as reduções derivadas das ações previstas e em execução pelo Plano ABC.

Figura 1. Potencial de Mitigação de Carbono na Agricultura Brasileira



Fonte: MANZATTO et al., 2018.

Apesar do grande potencial, observam-se barreiras econômicas a esse processo, devido ao elevado investimento necessário por pecuaristas (SOARES-FILHO et al., 2012). O perfil heterogêneo da pecuária brasileira, em grande parte pouco tecnificada, dificulta que esse processo seja realizado em larga escala, mesmo que as técnicas de recuperação estejam disponíveis. Modelos de produção integrado, como a Integração Lavoura Pecuária (ILP), permitem a recuperação em menos de 5 anos, além de apresentar boa rentabilidade econômica (BALBINO, 2011; VERDI, 2018).

Assim, a despeito de ser uma grande emissora, a pecuária tem condições para potencializar a recuperação de pastagens e gerar mais benefícios de mitigação, como efeitos indiretos da preservação de florestas e outros biomas relevantes. Apesar das dificuldades, o setor pecuário já vem apresentando alguns resultados importantes no que tange às mitigações.

Além da disponibilização de tecnologias a custo viável, o Plano ABC também prevê que esse potencial só será atingido se instrumentos de monitoramento forem implementados, de forma a operacionalizar políticas de incentivo (ex. crédito subsidiado), bem como a contabilização dos esforços de mitigação dos agricultores para um inventário nacional de emissões. Esse inventário é requisito fundamental para o cumprimento das metas e compromissos previstos em acordos internacionais, como o assinado em Paris em 2015.

A presente pesquisa aborda a quantificação e o monitoramento das emissões, ao propor um sistema de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV) no âmbito do Plano ABC. Para tal, buscou-se entender quais as exigências desse processo de monitoramento, considerando experiências internacionais. As principais práticas da Agricultura ABC serão apresentadas, bem como as diferentes ferramentas desenvolvidas pela EMBRAPA para coleta e quantificação de emissões, considerando como estas estão integradas a sistemas de verificação remoto. As etapas

de coleta de informações nas práticas do ABC são identificadas, e, por fim, propõe-se um protocolo de MRV a ser aplicado a uma propriedade em um projeto piloto.

2. Sistemas de MRV

2.1 Governança e Monitoramento Ambiental

A evolução dos mecanismos de governança socioambiental pode ser analisada como um caso de mudança institucional pautado pela interação entre mecanismos públicos e privados de controle, incentivos e regulações (CASHORE, 2002; PAAVOLA, 2007). Nas últimas três décadas observa-se um processo de transferência de funções regulatórias de agentes públicos para o setor privado, o que tem levado a uma estrutura de governança mais descentralizada (TROSTER e HIET, 2018; NEWTON et. al, 2013).

A crescente demanda da sociedade por proteção ambiental e a internacionalização das cadeias produtivas vem exigindo novos mecanismos de governança que permitam o monitoramento das atividades produtivas. Essa realidade se faz mais presente em setores diretamente relacionados a bens ambientais, como a agricultura (OLIVEIRA et. al, 2017). Nesse cenário, observa-se o crescente uso de instrumentos de monitoramento socioambiental, como as certificações privadas, em diversas cadeias agroindustriais (CASHORE, 2002; DE MAN e GERMAN, 2017).

Na ausência de acordos climáticos internacionais mais efetivos, esses instrumentos de monitoramento setoriais têm desempenhado um importante papel para coordenar transações entre os mercados consumidores e os produtores agrícolas, permitindo que as informações relevantes sejam transmitidas. Dessa forma, observam-se interações entre instrumentos de governança privada e regulações públicas, em níveis regionais diversos, levando a sistemas de governança em diferentes níveis (CENT et al., 2014). Esse processo foi alvo de extensos estudos no setor florestal e agrícola. Cashore (2002) demonstra como os “Non-State Market Driven Governance Systems (NSMD)” estão mais apoiados tanto no poder regulatório do Estado, como em formas pragmáticas de legitimação, obtida por meio do valor atribuído pelos mercados finais a dimensões de sustentabilidade socioambiental.

Dessa forma, observa-se que os novos instrumentos de monitoramento socioambiental são resultados da interação entre instrumentos de governança públicos e privados. As experiências de governança ambiental em diversos setores, como o florestal, sugerem uma divisão de atribuições de monitoramento entre instrumentos públicos e privados. Efeitos mais complexos, que geralmente ocorrem de forma indireta à ação econômica, tendem a ser monitorados por órgãos públicos, com acesso a sistemas mais amplos de monitoramento. Já atividades cujo efeito é mais direto e de fácil mensuração, podem ser realizados por atores privados, como certificações e outras iniciativas similares (ENDRES, 2010; PEROSA e AZEVEDO, 2019).

Esse processo de interação público e privado ficou evidente em diversas regulações, como a estabelecida pela União Europeia para biocombustíveis. Nesse sistema, o bloco de países credenciou certificações privadas necessárias para o cumprimento de exigências socioambientais estabelecidas. Dessa forma, foi possível “terceirizar” parte do processo de monitoramento, sem que os estados nacionais deixassem de exercer suas escolhas sobre os critérios de sustentabilidade que achavam relevantes. Outras formas de monitoramento realizados por agências públicas complementavam o sistema, denominado meta-standard approach (ENDRES, 2010)

Para o caso de um sistema de monitoramento, torna-se fundamental a necessidade de integrar sistemas de coleta de informação públicos e privados. Bases de dados remotos, geralmente utilizados para verificação, já estão sob domínio de agências públicas, como a Embrapa. Contudo, dados locais, coletados em propriedade, geralmente estão nas mãos de agentes privados, como produtores rurais ou empresas certificadoras. Nesse sentido, um ponto fundamental para a

governança de um MRV está nos incentivos para que atores privados compartilhem seus dados com a plataforma pública.

Dentre as vantagens que poderiam ser auferidas por agentes privados de um processo MRV está a comprovação de dimensões de sustentabilidade exigidas em mercados consumidores mais exigentes. Apesar de tais demandas ainda não serem tão marcantes em mercados de grãos commodities, já se observam exigências de sustentabilidade em importantes mercados alimentares, como o de carnes. Diversas iniciativas que buscam atestar a pegada de carbono da carne demonstram o potencial mercadológico desse tipo de atributo, bem como a existência de interesse entre pecuaristas que vem adotando práticas de baixo carbono.

Assim, é importante que a governança do MRV considere um conjunto de incentivos para que atores privados colem e compartilhem suas informações com o sistema. Tais incentivos podem se dar pelo acesso ao crédito do Programa ABC² ou pela utilização de ferramentas públicas que barateiem a certificação para diferenciação dos produtos. Nesse sentido, o desenvolvimento de protocolos de certificação que se apoiem nas ferramentas da EMBRAPA seria fundamental para alimentar o MRV nacional. Tais questões serão melhor discutidas ao final desse estudo.

2.2. Mitigação de Emissões na Agropecuária Brasileira – últimos resultados

Na análise dos resultados obtidos pela adoção das tecnologias previstas no plano ABC, uma primeira ressalva sobre os dados que serão discutidos se refere às bases de dados disponíveis. O único dado 'oficial' disponível se refere ao crédito do Programa ABC, oferecido pelo Banco Central. Contudo, esse dado é subestimado, já que muitos agricultores adotam tecnologias ABC sem utilizar o crédito oficial para isso. Por esse motivo, também serão apresentadas outras estimativas de levantamentos realizados pela Plataforma ABC. Apesar de serem mais realistas que estimativas oficiais, estas estão sujeitas a maior incerteza já que se apoiam em modelagens mais complexas baseadas em estudos da EMBRAPA. Por isso, tanto as metas quanto os valores “atingidos” se enquadram em uma banda, considerando certa margem de erro.

Outra ressalva se refere aos valores estimados de mitigação de emissões. Devido a metodologias diferentes no que se refere aos fatores de emissão, esses valores apresentam grandes variações e por isso devem ser considerados dentro de um intervalo. Serão consideradas aqui as metas até 2020, de forma a considerar os dados estimados na presente década e quão próximo estes ficaram das metas estabelecidas no Plano ABC em 2011 (MAPA, 2019).

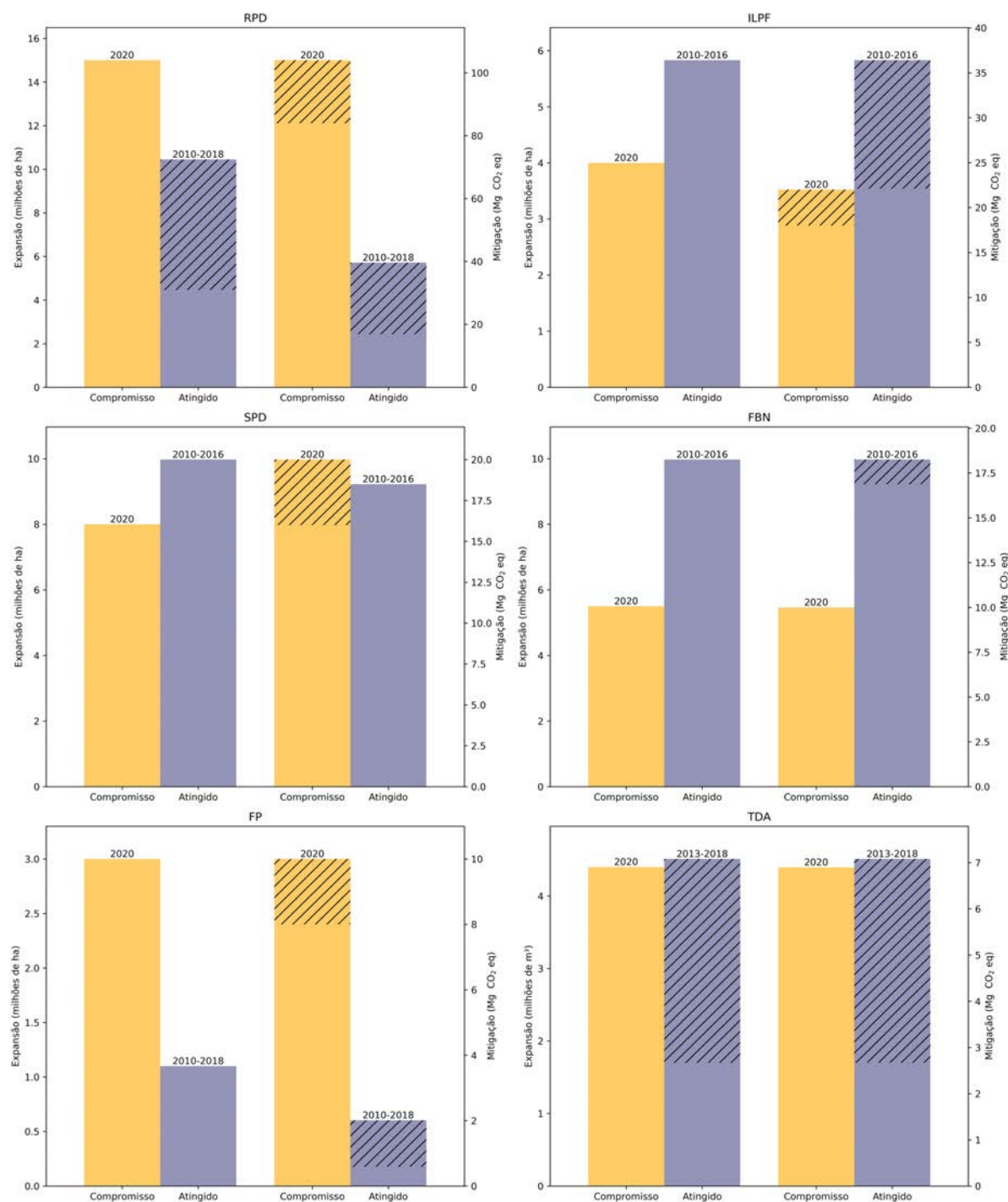
A Figura 2 resume as metas de compromissos estabelecidos e os valores cumpridos para as seis tecnológicas da ABC, já considerando os intervalos de mitigação estabelecidos.

De forma geral, observa-se que estas estimativas sugerem que a maior parte das tecnologias já ultrapassaram as metas de compromisso para 2020, tanto no que diz respeito aos valores mitigados quanto a expansão das áreas. Contudo, a tecnologia RPD, considerada a de maior potencial de mitigação, ainda estava bastante aquém até 2016, sugerindo dificuldades para o cumprimento do compromisso.

Outra tecnologia cujo desempenho ainda está longe dos valores de compromisso está em Florestas Plantadas. Os dados até 2018 mostram que menos de 1/3 do compromisso para 2020 havia sido cumprido, e os valores mitigados ainda estariam em torno de 2 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (eq.), frente ao compromisso de 10 milhões. Esses números revelam a importância de políticas de incentivo como o Crédito ABC, cujos valores disponibilizados e contratados serão discutidos na próxima seção.

² Atualmente os dados coletados pelo sistema bancário não são inseridos no MRV gerido pela EMBRAPA por questões de privacidade dos dados coletados pelo Banco Central.

Figura 2. Compromissos e Valores Atingidos nas Seis Tecnologias ABC



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do MAPA (2019)

Quanto ao impacto ambiental dessas tecnologias, estimativas preliminares divulgadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sugerem a mitigação de valores entre 100,21 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (eq.) e 154,39 milhões de toneladas de CO₂ eq. no período de 2010 a 2018 (MAPA, 2019). Esses volumes consideram premissas alternativas sobre a capacidade das diferentes tecnologias em reduzir emissões, seguindo diferentes artigos

científicos da literatura científica, bem como as duas estimativas alternativas quanto a expansão da RPD, mencionadas anteriormente. Dessa forma, apesar do caráter pioneiro dessas estimativas, fica clara a necessidade de aprimorar a capacidade de mensuração das emissões da agropecuária. O desenvolvimento de um sistema de MRV pode contribuir nessa direção.

2.3. Experiências Internacionais

Segundo levantamento do GV-CES (2013), entre os principais sistemas de MRV públicos, encontram-se tanto iniciativas de blocos como União Europeia, de nações como Austrália e Nova Zelândia, até de governos regionais, como a Califórnia, nos EUA. Ao se analisar essas iniciativas observa-se que elas geralmente vêm atreladas com políticas de taxaço ou precificação de carbono, por meio de impostos ou de um mercado estabelecido a partir de um “*cap and trade*”.

Tratam-se de políticas amplas, que incluem vários setores econômicos, como transportes, indústria, agricultura, entre outros. É interessante frisar que as políticas nacionais dão mais atenção aos setores com maior potencial de mitigação de emissões, como é o caso da União Europeia com o setor de transportes que responde por cerca de 27% das emissões do bloco em 2016 (EEA, 2018). Por isso, em muitas iniciativas nacionais não são encontradas menções ao setor agropecuário, dado que este tem papel de pouca relevância nas emissões desses territórios.

Dessa forma, os MRVs têm características bastante genéricas e acabam servindo como um guarda-chuva para políticas mais específicas. Um exemplo é a Austrália, em que o National Greenhouse and Energy Reporting (NGER) Act estabelecido em 2007 abriga diversos programas como o Carbon Farming Initiative (CFI), o Renewable Energy Target (RET) e o Carbon Pricing Mechanism (CPM) (GV-CES, 2013).

Nesse último programa, o CPM, se encontra a Carbon Farming Initiative, que estabelece os critérios para o setor agropecuário buscar a geração de créditos de carbono. Segundo metodologia atualizada em 2017, são estabelecidos todos os critérios para que produtores e gestores de projetos de redução de emissões comprovem suas ações de mitigação de forma a poder comercializar créditos de carbono no mercado australiano. De toda forma, esse sistema de MRV trata de projetos específicos e não avança muito no sentido de construir um sistema mais amplo de monitoramento, integrando diversas fontes de informação necessárias a verificação das informações reportadas.

Outro país que apresenta mecanismo similar é a Nova Zelândia, que estabeleceu um amplo sistema de MRV de emissões em diversos setores. Esse caso ganha relevância, dado que a Nova Zelândia, tal como o Brasil, apresenta grande parte de suas emissões ligadas ao setor agropecuário. Somente em 2015, o setor agrícola passou a participar desse programa, sendo este responsável por mais de 50% do total de emissões do país (NZME, 2019). A elevada participação da agricultura neozelandesa, especialmente o setor pecuário, justifica o uso de um mecanismo de MRV mais amplo do que aqueles estabelecidos nos outros países mencionados.

Os três casos mencionados, União Europeia, Austrália e Nova Zelândia, tem em comum o fato do sistema MRV ter sido implementado juntamente com um mercado de carbono. Em outras palavras, os instrumentos de MRV foram implementados de forma a estabelecer as regras para emissões de créditos de carbono, que poderiam ser comercializados pelos gestores dos projetos de mitigação.

Também se encontram diversos outros casos de MRVs nacionais, geralmente atrelados a ações nacionais de mitigação (NAMAs) para produtos específicos. Um exemplo é a Costa Rica, que estabeleceu NAMAs para pecuária e para o café, importantes atividades naquele país. Essas NAMAs, contemplam sistemas de MRV de forma a viabilizar o monitoramento e contabilização

das mitigações emitidas. De forma similar, o Chile criou uma NAMA para o setor florestal, que também conta com um MRV próprio (FAO, 2013).

Dessa forma, apesar dessas ações nacionais proporem um MRV para agropecuária, observam-se algumas distinções entre estas ações e o que vem sendo buscado pelo Plano ABC no Brasil. O MRV que vem sendo desenvolvido no Plano ABC e que será discutido na próxima seção busca construir um mecanismo mais amplo de MRV para toda a agropecuária brasileira (o que inclui uma variedade imensa de atividades e sistemas de produção), de forma a viabilizar políticas de incentivo à adoção de práticas de mitigação, além de gerar informações agregadas para a contabilidade das ações nacionais de mitigação.

Também se observam algumas diferenças no MRV brasileiro no que se refere ao cruzamento de informações levantadas *in-loco* com outras bases de dados obtidas por meio de imagens de satélite ou dados socioeconômicos do IBGE. As iniciativas mencionadas acima, trazem pouca informação sobre a integração de informações de projetos locais com um sistema nacional.

3. Sistemas e práticas da agricultura de baixa emissão de carbono

Esta seção apresenta uma breve descrição de duas das principais tecnologias/práticas de do Plano ABC de relevância para monitoramento de emissões. O intuito é de apresentar em linhas gerais o que são essas práticas para permitir um melhor entendimento das ferramentas potenciais para uso em um sistema de MRV que abranja essas práticas.

3.1. Sistemas Integrados

a) **Sistema integração lavoura-pecuária (ILP)** ou sistema agropastoril: é estruturado conforme o perfil do produtor, os objetivos da propriedade e as características da propriedade, como condições de clima e de solo, infraestrutura, experiência do produtor e tecnologia disponível.

No Centro-Oeste e no Sudeste, em geral são observadas três modalidades de integração:

- Em fazendas de pecuária, culturas de grãos (arroz, soja, milho e sorgo) são introduzidas em áreas de pastagens para recuperar a produtividade dos pastos;
- Em fazendas especializadas em lavouras de grãos, gramíneas forrageiras são introduzidas para melhorar a cobertura de solo em sistema plantio direto, e, na entressafra, para uso da forragem na alimentação de bovinos (sistema safra-safrinha); e
- Em fazendas que, sistematicamente, adotam a ILP para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas atividades (Vilela et al., 2011).

No Sul do Brasil, as áreas que no verão, em geral, são cultivadas com milho, feijão, soja ou arroz, são destinadas à produção animal no inverno, sob pastagens anuais, principalmente de aveia, azevém, trigo ou centeio (Moraes et al., 2011).

b) **Sistema integração pecuária-floresta (IPF)**, conhecido como sistema silvipastoril ou arborização de pastagens: é um tipo de sistema integrado, no qual forrageiras e animais são produzidos integrados com árvores, simultaneamente ou sequencialmente, na mesma unidade de área. No Brasil predominam IPF com árvores exóticas, principalmente eucalipto, mas cresce o interesse por espécies nativas. O tipo de árvore e o espaçamento entre elas são fatores importantes e podem influenciar os resultados, como estratégia de adaptação e resiliência às mudanças

climáticas. IPF com eucalipto menos denso e árvores nativas dispersas proporciona maior conforto térmico quando comparado ao sistema com eucalipto denso. Isto porque o maior espaçamento entre fileiras de árvores e em menor densidade, permite melhor circulação dos ventos, redução da temperatura do ar e aumento da umidade relativa na sombra, favorecendo o bem-estar animal.

c) **Sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)**: é considerado o mais complexo, mas, mesmo assim, é indicado para qualquer nível de produção, por meio de cultivo consorciado, sucessão ou rotação. Esse sistema agrega, na mesma propriedade, diferentes sistemas produtivos, como os de grãos, fibras, carne, leite e agroenergia. O ILPF permite a diversificação das atividades econômicas na propriedade e minimiza os riscos de prejuízos causados por eventos climáticos ou por queda dos preços no mercado.

3.2. Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD)

No Plano ABC, a tecnologia que mais demanda crédito é a recuperação de pastagens degradadas. Dos R\$ 1,81 bilhões contratados pelo setor agropecuário no Programa ABC na safra 2016/17, 61% (R\$ 1,104 bilhão) foram destinados para recuperação de pastagens degradadas (Observatório ABC, 2017).

A degradação de pastagens é o processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais (Figura 3), assim como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras, culminando com a degradação avançada de recursos naturais em razão de manejo inadequado (Macedo, 1993).

Figura 3: Estágios de degradação de pastagem: da perda de vigor e produtividade a erosão em acentuada.



Fonte: Comprerural (2018)

A degradação é, portanto, um processo contínuo que se destaca pela diminuição da capacidade de suporte dos animais e pela baixa qualidade da forragem. Pode ser identificada pela presença de áreas de solo exposto, pois a planta forrageira, pela presença de ervas daninhas invasoras e de pragas como cupinzeiros (Figura 3). As mudanças climáticas e o manejo inadequado são os principais fatores para o empobrecimento do solo e, quanto mais avançado o estágio de degradação, mais operações deverão ser realizadas, mais elevados os custos e menor a

possibilidade de recuperação. Por isto o acompanhamento da qualidade do pasto e do ganho de peso dos animais é fundamental.

Existem diferentes estratégias para reverter o processo de degradação de pastagens: recuperação direta, renovação ou reforma direta ou a recuperação / renovação indireta (Dias Filho, 2017). Segundo Dias-Filho (2011), as principais causas da degradação de pastagens são:

- Práticas inadequadas de pastejo, como o uso de taxas de lotação ou períodos de descanso sem considerar o ritmo de crescimento da forrageira;
- Práticas inadequadas de manejo da pastagem, como a ausência de restauração periódica da fertilidade do solo, via adubação, e o uso de fogo para eliminar forragem não consumida (macega) e estimular a rebrota do capim, ou para controlar pragas, doenças e plantas daninhas;
- Falhas no estabelecimento da pastagem, causadas pelo preparo inadequado da área, uso de sementes inadequadas, semeadura em época imprópria, ou pela exposição incorreta ao primeiro pastejo, por este ter sido realizado muito tardiamente ou prematuramente;
- Fatores bióticos, como ataques de insetos-praga e patógenos (doenças);
- Fatores abióticos, como o excesso ou a falta de chuvas, a baixa fertilidade e a drenagem deficiente do solo.

Dentre as principais variáveis que indicam que a pastagem está em processo de degradação, pode-se mencionar:

- Ciclos de pastejo ao meio-dia ou à noite, indicando de falta de alimento;
- Solo descoberto;
- Presença de plantas invasoras;
- Presença de cupinzeiros;
- Presença de sulcos de erosão e de voçorocas (degradação muito forte).

Por outro lado, existem indicadores de que a pastagem não está degradada, como:

- Pastagem folhosa (gramíneas – folha mais estreita do que as de não gramíneas) e abundante.
- Pouco ou nenhum solo descoberto.
- Pouca ou nenhuma espécie indesejável.
- Folhas com coloração verde intensa.
- Raízes profundas, abundantes e vigorosas.
- Os animais passam pouco tempo pastejando e bastante tempo ruminando ou em outras atividades. Mais do que 8 horas de pastejo por dia, em geral, significa insuficiência de alimento.
- Os animais pastejam no início da manhã e no final da tarde.
- Os animais têm elevada condição corporal e apresentam desempenho próximo de seu potencial.

A escolha de qual estratégia deve ser adotada na recuperação de pastagens depende do conhecimento que se tem das causas da degradação, do nível de degradação da pastagem (Figura 3), e do perfil do produtor, considerando capacidade de investimento e qualificação técnica.

Figura 3. Caracterização de níveis de degradação de pastagens.



Fonte: Extraído de Dias Filho (2017)

3.3. Métodos de recuperação e renovação de pastagens

a) **Recuperação direta da pastagem:** é a forma mais simples e menos onerosa de recuperar um pasto e é recomendado para pastagens com níveis 1 e 2 de degradação (Figura 3). Geralmente envolve o controle de plantas invasoras e aplicação de calcário e de fertilizantes para ajuste da fertilidade do solo, mantendo-se a mesma espécie ou cultivar. Em alguns casos, faz-se replantio da espécie forrageira, nas áreas de solo descoberto, sem realização de preparo do solo. Nem sempre é necessário retirar os animais do pasto e, quando isto ocorre, o tempo de interrupção do uso da pastagem é relativamente curto, de cerca de 30 dias (Dias Filho, 2017). A recuperação direta de pastagens muitas vezes não é suficiente para garantir a sustentabilidade do sistema de produção. Isto porque num horizonte de quatro a cinco anos torna-se necessário aplicar novamente fertilizantes e corretivos. Além disso, com o avanço de impactos de mudanças climáticas, principalmente quanto à deficiência hídrica, a recuperação tem sido muitas vezes dispendiosa e infrutífera.

b) **Renovação ou reforma direta da pastagem:** consiste no restabelecimento da produção da forragem com a introdução de uma nova espécie ou cultivar, em substituição àquela que está degradada (Macedo et al., 2000). Neste caso, além da correção da fertilidade do solo, também é feito o replantio da forrageira com mudança ou não da espécie. Na renovação ou reforma, há necessidade de preparo do solo e o uso da área tem que ser interrompido por cerca de 40 a 75 dias após a germinação da forrageira. Recomenda-se entrar apenas com animais leves assim que a planta atingir 75% da altura superior indicada para o manejo do capim, para diminuir o arranquio de plantas e evitar a compactação do solo. A renovação ou reforma direta é recomendada para pastagens nos níveis três e quatro de degradação (Figura 3). Dependendo da situação, a renovação pode ter um custo, em média, até três vezes maior do que o da recuperação direta (Dias Filho, 2017).

c) **Recuperação / Renovação indireta da pastagem:** Na recuperação/renovação indireta, a formação da pastagem é integrada com lavoura (ILP), com floresta (IPF) ou ainda com lavoura e floresta (ILPF). Desta forma, é possível recuperar a fertilidade do solo e a capacidade produtiva da pastagem, obtendo-se renda em curto prazo, ou diversificando a geração de renda (Dias Filho, 2017). Essa estratégia requer mais investimentos em curto prazo e exige maior qualificação técnica do produtor. A recuperação / renovação indireta envolve mecanização total da área, preparo do solo, correção da acidez, aplicação de fertilizantes e plantios, que variam conforme o sistema integrado adotado (ILP, IPF ou ILPF). Considerando os custos envolvidos, a recuperação ou renovação indireta da pastagem geralmente é adotada nos níveis três e quatro de degradação (Figura 3).

A Embrapa e instituições de ensino e pesquisa têm proposto diferentes arranjos, ajustados ao perfil do produtor e ao Bioma onde se encontra a pastagem. Neste relatório são destacadas as seguintes tecnologias:

- **Sistema Barreirão (1991):** desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão, consiste na renovação de pastagens consorciando-se arroz, milho, sorgo ou milheto com forrageiras, ou com leguminosas forrageiras, como *Andropogon gayanus* e *Panicum* sp. e/ou com leguminosas forrageiras, como *Stylosanthes* sp., *Calopogonio mucunoides* e *Arachis pintoe*;
- **Sistema Santa Fé (2000):** também desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão, consiste no cultivo consorciado de culturas anuais com espécies forrageiras, principalmente braquiárias, em áreas agrícolas com solo parcial ou devidamente corrigido;
- **Sistema Santa Brígida (2010):** desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão, insere adubos verdes no sistema de produção, permitindo o aumento de aporte de nitrogênio no solo, via fixação biológica do nitrogênio atmosférico;
- **Sistema São Mateus (2013):** desenvolvido pela Embrapa Agropecuária Oeste, é indicado para a região do Borsão Sul-Mato-Grossense e tem por base a utilização da integração lavoura-pecuária, com cultivo de soja em sistema plantio direto para amortizar os custos da recuperação da pastagem;
- **Sistema Santa Ana (2015):** sistema de reforma de pastagens com silagem, utilizando máquinas que o pecuarista já possui na propriedade: trator, grade aradora ou escarificador, pulverizador e semeadeira. O Sistema Santa Ana é um ILP apoiado na consorciação de capim com milho, sorgo, milheto, girassol e guandu-anão;
- **Sistema São Francisco (2017):** trata-se de um sistema de recuperação de pastagens que consiste na sobressemeadura de forrageira do gênero *Panicum*, de porte alto, sobre a lavoura de soja ou de milho em final de ciclo. Esse ILP, adequado ao Bioma Cerrado, se

manejado corretamente, fornece forragem em quantidade e qualidade para rebanhos bovinos no período seco e palhada suficiente para o sistema plantio direto das culturas de verão subsequentes.

- **Sistema Gravataí (2018):** ILP no qual a forrageira e a pecuária são as principais atividades na segunda safra, ou seja, é uma modalidade de *boi-safrinha*. Consiste no consórcio do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) com gramíneas do gênero *Urochloa*, como *B. ruziziensis* e *B. brizantha* cvs. BRS Paiaguás e BRS Piatã. Tem como característica o grande acúmulo de forragem de alta qualidade (valor nutritivo) no período seco do ano. Além disso, contribui para a melhoria do perfil do solo em áreas de lavoura com solos de textura média e/ou argilosa na sucessão com a soja.

- **Sistema Vacaria (2008):** recuperação de pastagens com dessecação parcial do pasto e introdução de cultura agrícola.

- **Manejo intensivo de pastagens (MIP)** – desenvolvido pela Embrapa Pecuária Sudeste, integra várias técnicas que aumentam a produtividade da pecuária com o máximo aproveitamento dos pastos, por meio da intensificação de pastagens, e adoção de tecnologias como adubação, irrigação e pastejo rotacionado;

- **Mirapasto** – idealizado pela Embrapa Pecuária Sul, o método se apoia no controle de plantas indesejáveis adultas, correção e manutenção da fertilidade do solo, introdução de espécies forrageiras de inverno e de verão e controle da oferta de pasto. Com pequenos ajustes, o Mirapasto pode ser empregado em diferentes pastagens e tipos de invasora.

Tanto a recuperação de pastagens quanto os sistemas integrados possuem diversos desafios para sua implantação e execução. O Anexo 1 apresenta uma breve discussão sobre tais desafios e algumas recomendações técnicas de como lidar com os mesmos. O Anexo 2 traz um roteiro de diagnóstico da propriedade rural recomendado para preparação dos projetos de recuperação de pastagens e implantação de sistemas integrados.

4. Componentes e ferramentas do sistema de MRV

Nesta seção são apresentadas as principais ferramentas disponibilizadas no Brasil visando o monitoramento da agricultura ABC. De forma a compreender os instrumentos existentes, desenvolvidos dentro da plataforma ABC e ou pela Embrapa, e seus potenciais usos para um sistema de MRV, as três fases de um processo de MRV foram separadas e serão analisadas com detalhes nas próximas seções.

4.1 Mensuração/Monitoramento

O primeiro passo no processo de MRV é o estabelecimento de um sistema de mensuração e monitoramento confiável e embasado em metodologias internacionais. A maior parte dessas metodologias foi estabelecida pelo IPCC (1996; 2006) e outros organismos da comunidade científica internacional. Assim, espera-se que as metodologias de mensuração nacionais estejam alinhadas, contudo, existe a possibilidade de se estabelecer metodologias adicionais, dadas as especificidades locais. Nesse sentido o IPCC estabelece 3 “níveis” (*tiers*) metodológicos, sendo o primeiro a metodologia básica estabelecida internacionalmente e os demais aqueles em que as metodologias locais são desenvolvidas. Uma forma de validação dessas metodologias mais “customizadas” se dá por meio de publicação de artigos em periódicos científicos reconhecidos.

No Brasil, a principal metodologia de mensuração estabelecida é o GHG PROTOCOL AGRO (GHG-AGRO), desenvolvido por pesquisadores da EMBRAPA a partir de protocolos internacionais desenvolvidos para o setor industrial (GVces e WRI, 2018). De forma sucinta, o GHG permite que sejam contabilizadas todas as ações realizadas por agricultores de forma a viabilizar um processo de mitigação de emissões (a partir de perguntas do GHG sobre a atividade agrícola local os fatores de emissão são gerados automaticamente com base em coeficientes de emissão que variam em generalidade de acordo com o nível de abrangência da pesquisa que o embasou). Atualmente estão disponíveis sistemas de contabilidade para atividades agrícolas, florestais e integradas (ex. o ILP ou ILPF).

O processo de contabilidade se inicia pelo estabelecimento de um cenário base a partir do qual as ações de mitigação passarão a ser contabilizadas. Posteriormente, são necessários protocolos que permitam calcular como as ações implementadas geram reduções de emissões. O estabelecimento desse cenário base é um dos principais desafios do GHG-AGRO, dado que a maior parte das informações coletadas são feitas por meio do preenchimento de formulários por parte dos produtores que adotam as ações de mitigação. Além de questões acerca da confiabilidade das informações reportadas, pode-se questionar a precisão desses dados, mesmo que reportados de forma correta. Nesse sentido, o sistema de verificação, que será discutido a frente, é fundamental para garantir a robustez da mensuração realizada.

Outro elemento complicador desse processo é a grande heterogeneidade de solos e climas encontrados no Brasil, o que dificulta o estabelecimento de protocolos únicos que possam ser usados em todo território. Dessa forma, a EMBRAPA vem desenvolvendo padrões por região ou bioma (coeficientes de emissão), o que torna os cálculos mais confiáveis. Tais parâmetros podem ser enquadrados dentro dos níveis metodológicos (*tiers*) 2 e 3, carecendo de posterior justificativa junto à comunidade científica. Resumidamente, um coeficiente de emissão para o cultivo de soja para o Brasil todo, por exemplo, seria genérico e não consideraria particularidades de clima e solo, penalizando os valores de emissão de GEE e enquadrando tais cálculos em TIER 1. Por outro lado, e idealmente, um coeficiente para cada tipo de soja e considerando parâmetros ambientais de cada local de cultivo seria o ideal, enquadrando-o em TIER 3. Dessa forma, tem-se uma ideia do desafio de tal empreitada para um país de dimensões continentais como o Brasil.

Além do GHG-AGRO, disponível enquanto rotina do programa Excel via desktop, também vêm sendo desenvolvidas outras formas de levantamento de informações, como o aplicativo de coleta e suporte de dados geoespaciais para dispositivos móveis, o AGROTAG-APP³. Essa plataforma incorporará protocolos do GHG-AGRO e outros semelhantes.

A possibilidade de sua utilização em campo, permitindo a coleta e transmissão automática e segura (com eliminação de erros de digitação e transferência de dados), permite enviar as respostas dos questionários preenchidos pelos produtores (e.g. GHG-AGRO) diretamente para a plataforma Agrotag-WebGis. Esse sistema também vincula essas informações coletadas a outras relevantes como a localização da propriedade, imagens georreferenciadas tiradas pelo próprio agricultor e imagens de satélite exclusivas processadas para a atividade agrícola. O sistema também facilita o preenchimento, dado que o usuário pode acessar várias informações geoespaciais importantes na tela do próprio *app*, como aquelas já disponíveis no Cadastro Ambiental Rural (CAR), em nível de propriedade.

³ O Sistema AgroTag está disponível para desktop (<https://www.agrotag.cnptia.embrapa.br/#/>) e para dispositivos móveis android na google play (https://play.google.com/store/search?q=agrotag&c=apps&hl=pt_BR).

O AGROTAG-APP/AGROTAG-WEBGIS compartilha os dados preenchidos com outros sistemas computacionais on-line, como o Carbscan, o qual coaduna os dados de campo com imagens de satélite, mapas de solo e clima, por exemplo. O objetivo é dispor um sistema multiescala/multissensor, fornecendo escalabilidade e possibilidade de monitoramento contínuo a baixo custo, através de ações colaborativas onde o agricultor seja servido e sirva-se de informação estratégica para sua atividade, resolvendo a coleta de dados em nível de propriedade, bem como a espacialização dessa informação em larga escala.

Fica evidente que o processo mensuração e monitoramento depende fundamentalmente da forma como as informações serão coletadas. De forma genérica, pode-se dividir os inputs de informação que serão inseridos no sistema em dois grupos: locais e remotos. Dentre os dados de coleta local poderiam ser consideradas: amostras de solo, formulários e outros dados fornecidos por agentes que implementam os projetos (produtores ou consultores), fotos tiradas na propriedade com dados georreferenciados, entre outras informações que seriam coletadas diretamente nas áreas de implementação de projetos, com a utilização das iniciativas conforme supradescrito, por exemplo, o AGROTAG-APP. No segundo grupo, dos dados remotos, poderiam se considerar fontes de informação mais amplas já coletadas para outras finalidades, como dados socioeconômicos coletados por Institutos Públicos de Pesquisa (como os da Pesquisa Agrícola e Pecuária Municipal do IBGE), dados ambientais (destaca-se aí a base de dados do Cadastro Ambiental Rural do Ministério do Meio Ambiente) e bases de imagens por satélite (como o SATVEG ou mesmo dados criados exclusivamente para o monitoramento de GEE, como o CARBSCAN).

Os instrumentos de mensuração e monitoramento que vem sendo desenvolvidos pela EMBRAPA, permitem essa coleta de dados locais e o cruzamento destas com informações remotas. Enquanto o GHG-AGRO se apoia mais em informações reportadas pelos produtores por meio do preenchimento de formulários, o AGROTAG-APP busca complementar essas informações com fotos e outros dados fornecidos pelos produtores. É interessante que algumas informações remotas podem estar disponíveis para facilitar o fornecimento de informações primárias, como por exemplo a área delimitada no CAR que pode ser acessada pelo produtor pelo aplicativo AGROTAG-APP.

A partir dessa coleta, as informações precisam ser agregadas e processadas. Quanto maior o número de informações locais e remotas, maior será a precisão e a confiabilidade dos dados gerados acerca da mitigação de emissões em determinada área.

4.2 Relato

Após a contabilização das mitigações oriundas das ações implementadas por produtores rurais, as informações devem ser agregadas e reportadas. A agregação das informações é fundamental para permitir que sejam gerados números robustos, bem como para a fase posterior de verificação.

Apesar do processo de mensuração se iniciar a partir das informações reportadas por produtores, nessa segunda fase todas as informações fornecidas serão contabilizadas para gerar estimativas das emissões mitigadas. É nessa fase que ocorre a agregação de todas as informações primárias e secundárias. Os instrumentos de mensuração e monitoramento mencionados possuem plataformas de agregação e processamento das informações obtidas para posterior cruzamento com informações remotas obtidas de outras bases.

O AGROTAG-APP agrega suas informações em um sistema próprio, o AGROTAG-WEBGIS que contempla a plataforma que cruza informações locais obtidas por meio do app com outras bases. Um elemento positivo dessa plataforma está no fato de todas as informações coletadas serem georeferenciadas, permitindo que se acompanhe as mudanças no uso do solo em uma determinada área. Dessa forma é possível construir uma série que relate a evolução de uma

determinada área e um cálculo mais acurado das emissões mitigadas. Tais informações são de grande relevância para a próxima fase do processo de MRV, a verificação.

4.3 Verificação

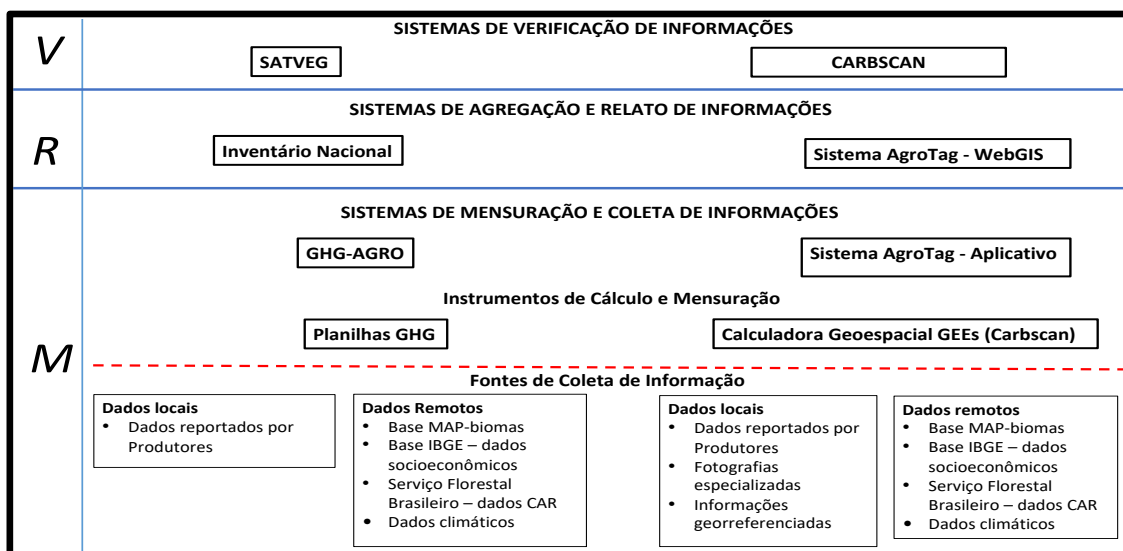
Nesta última etapa busca-se confrontar as informações coletadas e processadas com bases de dados externas. Apesar desse processo de cruzamento de dados já estar presente na etapa anterior, na verificação os cálculos apresentados poderão ser checados por entidades/agentes externos ao MRV.

Uma importante base para essa verificação está no sistema SATVEG, que agrega informações coletadas por satélite e permite a estimativa de presença de biomassa em larga escala. O índice NDVI, monitorado pelo SATVEG, permite que se identifique, por meio de dados espectrais (bandas do sensor MODIS - resolução espacial de 250m), a quantidade de biomassa em cada área, informação que pode ser confrontada com as estimativas obtidas por meio do AGROTAG-APP e do GHG-AGRO. Da mesma forma, entretanto numa escala espacial mais acurada (~30-90m), própria para verificações região-propriedade, o CARBSCAN provê base de dados de propriedades físico-químicas de solo (e.g. textura), bem como incorpora e espacializa cálculos integrados de estimativa de carbono orgânico no solo através de modelos especialistas (e.g. Century-link) ou pela espacialização dos coeficientes de emissão por município/cultivo.

Um exemplo de integração multiescala entre as fontes de dados reside no uso das fotos georreferenciadas e com azimuth, coletadas usando o aplicativo AGROTAG-APP. Estas são integradas automaticamente aos dados geoespaciais dos sistemas citados (e.g. Carbscan), sendo processadas pelo sistema. Assim, possibilita-se a verificação, sem necessidade de uma inspeção *in loco*, das áreas em que projetos vêm sendo implementados. Fica evidente que a localização e descrição são parâmetros fundamentais para todo o processo de verificação, sem possibilidade de erro ou ambiguidade nos dados.

Outra forma de verificação possível seria a inspeção por agente externo *in loco*. Uma dificuldade dessa forma de verificação está ligada aos custos incorridos, a depender da frequência necessária dessas ações. Considerando outras experiências de monitoramento ambiental, verifica-se que esse procedimento poderia ser realizado por agentes públicos ou terceirizado para agentes privados que fariam auditoria nos projetos, como as certificadoras. A integração dos dois sistemas permite a implantação de um sistema híbrido, com custos reduzidos em relação à inspeção *in loco*. Uma primeira verificação poderia ser realizada pelos sistemas remotos/digitais enquanto, para aquelas áreas que apresentem dúvidas, seria deslocada uma equipe de campo para uma verificação mais detalhada.

Figura 4. Sistema MRV AGRO – Plano ABC



Fonte: Elaboração Própria

Independente do sistema de verificação a ser adotado, fica evidente a importância de tais instrumentos para gerar robustez ao MRV brasileiro, tanto no que se refere à confiabilidade dos dados gerados para o inventário nacional, como para a operacionalização das políticas de incentivo como o crédito ABC. Estudos revelam que muitos agentes financeiros não oferecem essas linhas de crédito, pela dificuldade em monitorar as ações dos tomadores de financiamento e a forma como estes aplicaram o recurso em práticas de mitigação, como a recuperação de pastagens (OBSERVATÓRIO ABC, 2017).

5. Etapas da implantação dos sistemas e possíveis formas de monitoramento

De forma a compreender como as ferramentas de MRV mencionadas anteriormente se aplicam diretamente ao monitoramento de práticas da agricultura ABC, a seguir serão discutidas as etapas para implantação de sistemas de agricultura ABC, destacando como as ferramentas podem monitorar cada uma das etapas.

5.1 Implantação e acompanhamento de ILP (integração lavoura-pecuária)

Na região dos Cerrados, o ILP ocupa uma área estimada em mais de 4 milhões de hectares, em fazendas que possuem o componente pecuário e em fazendas nas quais uma gramínea é introduzida para aumentar a palhada em sistemas de plantio direto na palha. Nesta região predominam ILP com culturas principalmente de soja, milho, arroz e sorgo, e os capins mais usados para pastagem são a braquiária (*Urochloa brizantha* e *U. ruziziensis*, principalmente), panicum (*Panicum maximum* var. Mombaça) ou andropogon.

Segundo Balbino et al. (2019), os principais objetivos do uso de gramíneas em sistemas predominantemente agrícolas são:

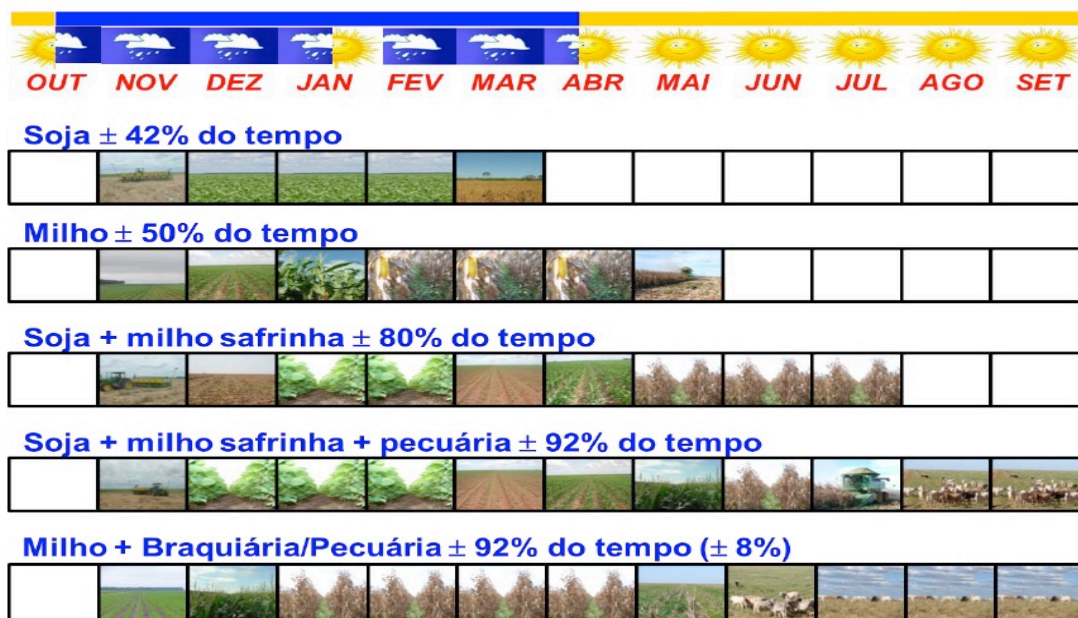
- Aumentar a produção de palhada para o sistema de plantio direto (SPD);
- Manter a cobertura do solo pelo maior tempo possível;
- Aumentar o teor de matéria orgânica do solo;

- Garantir o funcionamento físico-hídrico do solo;
- Reduzir a incidência de pragas, doenças e plantas daninhas.

Na região dos Cerrados, onde clima e solo são favoráveis à cultura de grãos, uma área agrícola pode ser ocupada com pecuária por períodos de 6 a 18 meses, na entressafra da lavoura, utilizando-se lavoura por dois a cinco anos. Existem variações na sequência de operações, em função do uso da terra (Figura 5). Neste item, serão considerados ILP com culturas de grãos e de gramíneas na modalidade safra-safrinha, sem irrigação e com entrada de animais, bem como os sistemas Santa Fé e Santa Brígida.

O sistema Santa Fé é uma tecnologia que permite o uso intensivo de áreas agrícolas na região de Cerrado com redução nos custos de produção, pois proporciona o aproveitamento, durante todo o ano, das terras cultivadas com lavouras anuais de grãos na safra de verão. Os principais objetivos do Sistema Santa Fé são a produção forrageira para a entressafra e palhada em quantidade e qualidade para o sistema plantio direto.

Figura 5. Uso da terra em sistemas solteiros (soja ou milho), em sistema safra-safrinha para produção de palhada para sistema plantio direto e em sistema integração lavoura-pecuária, com ou sem adoção de sistema safra-safrinha



A seguir serão apresentados os principais sistemas de integração disponíveis para produtores do cerrado brasileiro e seus passos de implantação, de forma a destacar (na última coluna de cada tabela sob o título “Checagem”) os melhores indicadores para seu monitoramento de forma isolada ou em um sistema de MRV.

a) Integração lavoura-pecuária (ILP) no sistema “Santa Fé” (Tabela 1)

Trata-se de um consórcio de cultura anual e capim para a produção de forragem na entressafra e palhada para plantio direto. O consórcio é estabelecido anualmente, podendo ser implantado simultaneamente ao plantio da cultura anual ou cerca de 10 a 20 dias após a emergência desta. O sistema já foi definido para as culturas do milho, sorgo, milheto e soja. Neste trabalho considera-se a soja como cultura principal (sistema Santa Fé).

Tabela 1. Etapas do sistema ILP (Santa Fé)

Operação	Período	Indicador	Checagem ¹
Ano 1			
Coleta de amostras e análise de fertilidade do solo	Março	Resultado de análises	Laudo de laboratório + GHG Protocolo
Preparo do solo e aplicação de calcário e ou gesso agrícola	Julho / Agosto	Solo preparado e corrigido	Agrotag
Nivelamento do solo	Outubro	Solo nivelado	Agrotag
Semeadura simultânea de soja ² inoculada com adubação com fósforo e micronutrientes, e com sementes de braquiária ³ misturadas ao adubo	Novembro	Brotação da soja (emergência de folhas cotiledonares) cerca de 10 dias depois do plantio	Agrotag
Desenvolvimento da soja , adubação de cobertura e controle fitossanitário (aplicação de herbicida e ou controle de pragas e doenças)	Novembro – Ano 1 a Fevereiro – Ano 2	- Emergência de folha trifoliada ao início da floração cerca de 40 dias após o plantio;	Agrotag
		- Início da floração até o enchimento de grãos cerca de 70 dias após o plantio;	Agrotag + SatVeg
		-Enchimento de grãos a maturação fisiológica cerca de 90 dias após o plantio;	Agrotag
		- Desfolha natural até a colheita 100 dias após o plantio.	Agrotag + SatVeg
Ano 2			
Colheita de soja (umidade dos grãos entre 13% e 15%)	Março (ou cerca de 100 dias após o plantio)	Soja colhida	Agrotag
Ceifa de braquiária para silagem ou dessecação da gramínea	Março	Campo com forragem ceifada ou dessecada	Agrotag + SatVeg
Plantio de milho na palhada de braquiária ³	Março	Milho e braquiária plantados	Agrotag
Desenvolvimento do milho	Abril a Junho	Milho safrinha e braquiária em desenvolvimento	Agrotag
Colheita e ensilagem do milho	Julho	Milho colhido	Agrotag
Entrada de animais no pasto com resteva de milho e de braquiária	Agosto / Setembro	Animais no pasto	Agrotag
Plantio direto de soja na palhada restante de braquiária	Novembro	Brotação da soja (emergência de folhas cotiledonares) cerca de 10 dias depois do plantio	Agrotag + GHG Protocolo

¹Achecagem visa o monitoramento e acompanhamento das atividades desenvolvidas. ² A aplicação de adubo sem misturar com semente de forrageira pode ser feita nesta etapa. ³Utilizar semente de braquiária (*Urochloa brizantha*, *U. decumbens* ou *U. ruziziensis*). ⁴ Adaptado de Silva, 2011. ⁵ O ciclo do milho safrinha pode durar de 127 dias (variedade super precoce a 134 dias (variedade normal). Aqui está sendo considerada variedade precoce (ciclo médio de 130 dias).

b) ILP em sistema safra-safrinha com entrada de animais (Tabela 2): safra de soja não irrigada + safrinha⁴ de milho + pecuária (pode ser usado para recuperação de pastagens)

Tabela 2. Etapas do ILP em sistema safra-safrinha com entrada de animais

Operação	Período	Indicador	Checagem ²
Ano 1			
Coleta de amostras e análise de fertilidade do solo	Março	Resultado de análises	Laudo de laboratório + GHG Protocolo
Preparo do solo e aplicação de calcário e ou gesso agrícola	Julho / Agosto	Solo preparado e corrigido	Agrotag
Adubação com fósforo e micronutrientes	Setembro	Solo adubado	Agrotag
Nivelamento do solo	Outubro	Solo nivelado	Agrotag
Plantio de soja inoculada em sistema convencional	Novembro	Brotação da soja (emergência de folhas cotiledonares) cerca de 10 dias depois do plantio	Agrotag
Desenvolvimento da soja ³ e controle fitossanitário (aplicação de herbicida e ou controle de pragas e doenças)	Novembro – Ano 1 a Fevereiro – Ano 2	- Emergência de folha trifoliada ao início da floração cerca de 40 dias após o plantio;	Agrotag
		- Início da floração até o enchimento de grãos cerca de 70 dias após o plantio;	Agrotag + SatVeg
		-Enchimento de grãos a maturação fisiológica cerca de 90 dias após o plantio;	Agrotag + SatVeg
		- Desfolha natural até a colheita 100 dias após o plantio.	Agrotag + SatVeg
Ano 2			
Colheita de soja (umidade dos grãos entre 13% e 15%)	Março (ou cerca de 100 dias após o plantio)	Soja colhida	Agrotag
Plantio de milho safrinha ⁴	Março Ano 2	Milho plantado	Agrotag
Desenvolvimento do milho	Abril a Julho	Milho safrinha em desenvolvimento	Agrotag + SatVeg
Colheita do milho safrinha	Julho	Milho colhido	Agrotag
Entrada de animais no pasto de milho	Agosto /Setembro -	Animais no pasto	Agrotag
Plantio direto de soja na palhada restante de milho	Novembro	Brotação da soja (emergência de folhas cotiledonares) cerca de 10 dias depois do plantio	Agrotag + SatVeg + GHG Protocol

¹O termo safrinha refere-se à cultura, feita após a safra, que recebe esse nome por tradicionalmente apresentar produtividade menor, devido à menor oferta de chuva durante todo o ciclo de cultivo. As sucessões mais comuns no plantio safra-safrinha são soja-milho, no Sudeste e Centro-Oeste, e soja-trigo no Sul do Brasil. ²Achecagem visa o monitoramento e acompanhamento das atividades desenvolvidas. ³Adaptado de Silva, 2011. ⁴O ciclo do milho safrinha pode durar de 127 dias (variedade super precoce a 134 dias (variedade normal). Aqui está sendo considerada variedade precoce (ciclo médio de 130 dias).

⁴ O termo safrinha refere-se à cultura, feita após a safra, que recebe esse nome por tradicionalmente apresentar produtividade menor, devido à menor oferta de chuva durante todo o ciclo de cultivo. As sucessões mais comuns no plantio safra-safrinha são soja-milho, no Sudeste e Centro-Oeste, e soja-trigo no Sul do Brasil.

c) Sistema integração pecuária-floresta (IPF) com introdução de espécies florestais (nativas ou exóticas) visando produção de madeira e bem-estar animal (Tabela 3)

Tabela 3. Etapas do sistema IPF com introdução de espécies florestais

Período Recomendado*	Operação	Indicador	Checagem
Março / Abril	Coleta de amostras e análise de fertilidade do solo	Resultado de análise	Laudo de laboratório + GHG Protocolo
Junho	Sistematização da área com ou sem construção de terraço	Área sistematizada	Agrotag
Agosto	Aplicação de calcário, gesso agrícola	Área em pré-preparo; solo descoberto	Agrotag
Setembro -	Gradagem (e aração se necessária) e aplicação de adubo (macro e micronutrientes, conforme recomendação;	Solo preparado	Agrotag
Outubro	Preparo das linhas de plantio de mudas; controle de pré-plantio de árvores e plantas invasoras		Agrotag
Outubro/ Novembro	Plantio da forrageira e plantio de mudas em linhas; controle de formigas cortadeiras, preferencialmente com sachês de formicida entre as linhas de mudas (evita contaminação de animais).	Solo com brotação	Agrotag
Novembro / Dezembro	Replantio de mudas mortas; adubação de cobertura das mudas, aproximadamente 30 dias após o plantio.	Solo com mudas em brotação	SatVeg
Fevereiro (ano seguinte)	Entrada dos animais no pasto	Solo coberto com pastagem	SatVeg
Fevereiro / Março	Roçada e coroamento das mudas	Solo coberto com árvores crescendo	SatVeg

d) Sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (com ou sem recuperação de pastagem degradada) com introdução de cultura e de espécies florestais (nativas ou exóticas) para produção de madeira (Tabela 4)

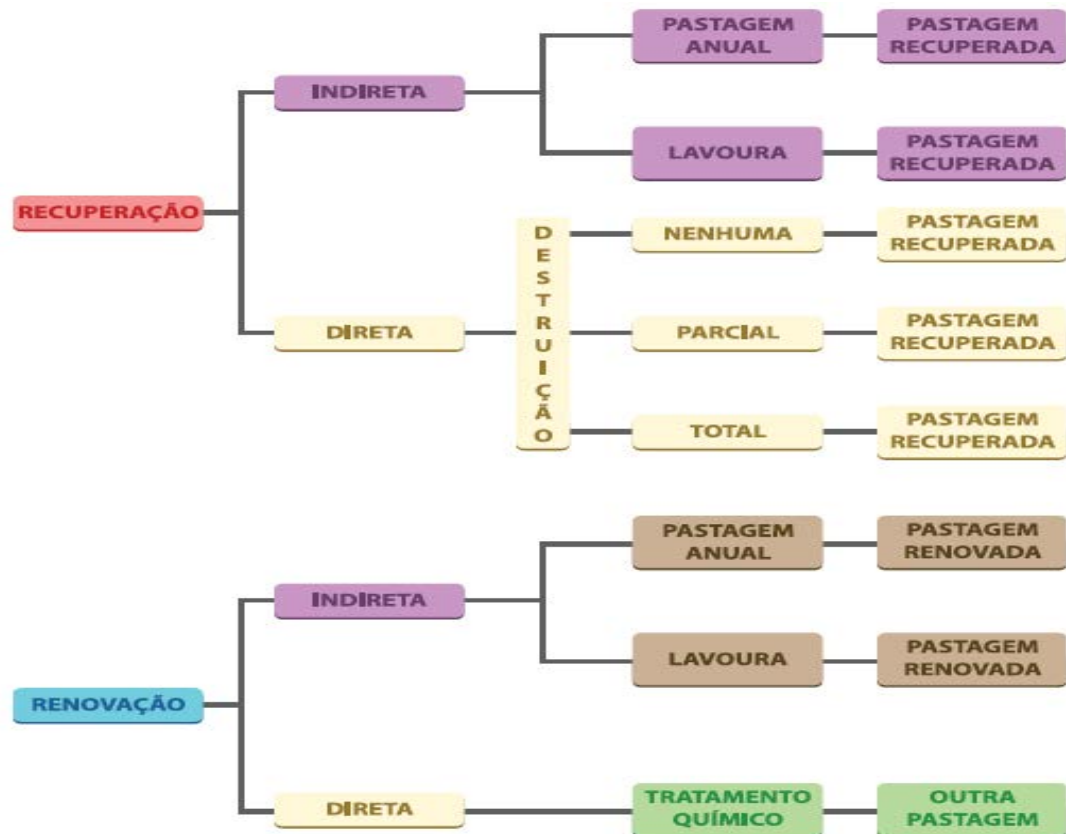
Tabela 4. Etapas do sistema ILPF com introdução de cultura e espécies florestais

Período Recomendado*	Operação	Indicador	Checagem
Março	Retirada de animais		Agrotag
	Controle químico e ou mecânico de cupinzeiros e controle de plantas invasoras	Solo sem animais	Agrotag
Abril			Agrotag
	Coleta de amostras e análise de fertilidade do solo	Resultado de análise	Laudo de laboratório + GHG Protocolo
Junho	Sistematização da área com ou sem construção de terraço	Área sistematizada	Agrotag
Agosto	Aplicação de calcário, gesso agrícola	Área em pré-preparo; solo descoberto	Agrotag
Setembro - Outubro	Gradagem (e aração se necessária) e aplicação de adubo (macro e micronutrientes, conforme recomendação; preparo das linhas de plantio de mudas; controle de pré-plantio de árvores e plantas invasoras	Solo preparado	Agrotag
Outubro/ Novembro	Plantio da forrageira e plantio de mudas em linhas; controle de formigas cortadeiras, preferencialmente com sachês de formicida entre as linhas de mudas (evita contaminação de animais).	Solo com brotação	Agrotag
Novembro / Dezembro	Replantio de mudas mortas; adubação de cobertura das mudas, aproximadamente 30 dias após o plantio.	Solo com mudas em brotação	SatVeg
Fevereiro (ano seguinte)	Entrada dos animais no pasto	Solo coberto com pastagem	SatVeg
Fevereiro / Março	Roçada e coroamento das mudas	Solo coberto com árvores crescendo	SatVeg

5.2 Recuperação e renovação de pastagens degradadas (RPD)

Existem várias alternativas para recuperação de pastagem degradada, além das técnicas de integração mencionadas acima. De forma geral, os métodos de recuperação e renovação de pastagens podem ser diretos ou indiretos (Figura 6).

Figura 6. Esquema simplificado de alternativas de recuperação e renovação de pastagens.



FONTE: Balbino et al. (2019)

- a) **Recuperação direta da pastagem:** recomendada para pastagens com níveis 1 e 2 de degradação (Tabelas 5 e 6)

Tabela 5. Etapas da Recuperação de Pastagens - Sem retirada dos animais – nível 1 de degradação

Período Recomendado*	Operação	Indicador	Checagem¹
Março a junho	Coleta de amostras e análise de fertilidade do solo	Resultado de análises	Laudo de laboratório + GHG Protocolo
Junho/Julho	Aplicação localizada de herbicida	Solo ainda com sinais de áreas descobertas	Agrotag
Agosto	Aplicação localizada de calcário		Agrotag
Setembro	Aplicação localizada de fosfato, conforme recomendação		Agrotag
Outubro	Plantio localizado da forrageira	Solo com pasto antigo e solo com brotação de forrageira	Agrotag + SatVeg

*Dependente de estação chuvosa.

Tabela 6. Etapas da Recuperação de Pastagens - Com retirada dos animais – nível 2 de degradação

Período Recomendado*	Operação	Indicador	Checagem
Março a junho	Coleta de amostras e análise de fertilidade do solo	Resultado de análises	Laudo de laboratório + GHG Protocolo
Junho/Julho	Aplicação localizada de herbicida	Solo ainda com sinais de áreas descobertas	Agrotag
Agosto	Aplicação localizada de calcário		Agrotag
Setembro	Aplicação localizada de fertilizante conforme recomendação		Agrotag
Outubro	Retirada de animais do pasto e plantio da forrageira	Solo com pasto antigo e pasto com brotação	Agrotag + SatVeg
Novembro / Dezembro	Retorno dos animais ao pasto	Solo coberto	Agrotag + SatVeg

*Dependente de estação chuvosa.

b) Renovação ou Reforma direta da pastagem com retirada dos animais – nível 3 e nível 4, se não houver erosão acentuada na forma de sulcos profundos e voçorocas (Tabela 5).

Tabela 5. Etapas da Renovação ou Reforma direta da pastagem com retirada dos animais – nível 3 e nível 4 de degradação

Período Recomendado*	Operação	Indicador	Checagem
Março a junho	Coleta de amostras e análise de fertilidade do solo; controle químico e ou mecânico de cupinzeiros	Resultado de análises	Laudo de laboratório + GHG Protocolo
Agosto	Retirada de animais, incorporação de restos de cultura, aplicação de calcário, gesso agrícola	Solo em pré-preparo (descoberto)	Agrotag
Setembro - Outubro	Gradagem (e aração se necessária) e aplicação de adubo (macro e micronutrientes, conforme recomendação	Solo preparado	Agrotag
Outubro/ Novembro	Plantio da forrageira	Solo com brotação	Agrotag
Fevereiro (ano seguinte)	Entrada dos animais no pasto	Solo coberto	Agrotag + SatVeg

c) Recuperação / renovação indireta da pastagem: com ILP, usando milho, para formação de palhada (Tabela 6)

Tabela 6. Etapas da Recuperação/Renovação indireta da pastagem com ILP, usando milho para formação da palhada

Período Recomendado*	Operação	Indicador	Checagem
Novembro/ Dezembro	Coleta de amostras e análise de fertilidade do solo	Resultado de análises	Laudo de laboratório + GHG Protocolo
Ano 1			
Fevereiro	Aplicação de calcário, gesso agrícola, fósforo e micronutrientes	Solo adubado	Não tem
	Preparo do solo	Solo preparado	Agrotag
Março	Plantio do milho	Brotção de milho	Agrotag
Junho/ Julho	Entrada de animais no pasto de milho	Pasto de milho	SatVeg
Agosto / Setembro	Preparo do solo e adubação para semeadura da cultura	Solo preparado	Agrotag
Outubro / Novembro	Semeadura de milho ou soja na palhada do milho	Brotção de soja ou milho	SatVeg
Ano 2			
Março	Semeadura de milho	Brotção de milho	Agrotag
Junho/ Julho	Entrada de animais no pasto de milho	Pasto de milho	SatVeg
Agosto / Setembro	Preparo do solo e adubação para semeadura da forrageira	Solo preparado	Agrotag
Outubro / Novembro	Implantação da forrageira	Brotção de forrageira	Agrotag
Ano 3			
Janeiro	Pastagem recuperada	Pasto formado	SatVeg + GHG Protocolo

6. Proposta de Protocolo MRV para propriedades rurais

6.1 Introdução:

O protocolo desenvolvido tem o objetivo de validar informações coletadas em propriedades que implantaram tecnologias ABC. Assim, abarca-se tanto sistemas de integração (iLPF), que promovam a manutenção de carbono no sistema produtivo, como formas de recuperação direta de pastagem. Busca-se um protocolo que possa ser utilizado de maneira ampla em diversos sistemas produtivos, nos diversos biomas brasileiros.

Um elemento relevante desse protocolo é a necessidade de desenhá-lo de forma a obter informações continuamente a partir das propriedades rurais, permitindo a melhoria dos parâmetros de cálculo e a agregação de informações por parte da Plataforma ABC, da EMBRAPA. Espera-se estabelecer uma troca em que os agricultores forneçam suas informações de forma anônima e a EMBRAPA permita que estes validem a informação sobre práticas ABC implantadas em sua propriedade.

Dentre os principais grupos de produtores a serem monitorados, incluem-se pecuaristas e produtores de grãos que realizam processos de rotação e integração de culturas visando elevar a produtividade, recuperar a fertilidade do solo ou elevar a sustentabilidade de seus sistemas produtivos. Nesse sentido, o protocolo poderia ser utilizado por produtores de diversos tamanhos, apesar do maior interesse comercial ser em unidades de médio e grande porte que poderiam auferir mais vantagens econômicas com essa validação. Ainda assim, produtores de menor porte também poderiam se beneficiar desse protocolo, validando suas boas práticas como forma de agregar valor e mesmo de monitorar a evolução de seus sistemas produtivos, em comparação com outros produtores.

Vale ainda ressaltar que o protocolo aqui proposto é uma primeira proposta conceitual baseada em ferramentas já existentes e disponíveis. Assim, fica evidente que vários procedimentos de coleta e registro são feitos de forma “manual”, carecendo de melhor integração e automação dos processos em etapas posteriores. De toda forma, esse protocolo inicial permite entender quais as informações seriam relevantes e como estas poderiam ser coletadas, registradas e verificadas. Esse esforço é fundamental para a construção de um sistema mais eficiente nos próximos anos.

6.2 Ferramentas de Coleta, Processamento e Monitoramento

O protocolo está baseado na utilização de diversas ferramentas já desenvolvidas pela EMBRAPA. Uma ferramenta central é o sistema AGROTAG-APP/AGROTAG-WEBGIS, em que a ferramenta AGROTAG-APP é utilizada para coleta de informação (imagens, dados reportados por produtores sobre os sistemas de produção, etc...), e ainda permite o registro de diversas informações georreferenciadas em um sistema gratuito gerido pela EMBRAPA (AGROTAG-WEBGIS). O sistema permite o registro de informações de forma segura e a prova de adulterações. Apesar de não ser um sistema descentralizado como o utilizado em muitas operações de *blockchain*, ele conta com uma característica semelhante: todos os registros ficam gravados e não podem ser apagados pelos usuários, garantindo maior segurança contra fraudes. Esses registros também permitem verificar a evolução das práticas produtivas ao longo do tempo, o que também traz valor para os produtores. Assim, o AGROTAG-APP/AGROTAG-WEBGIS assume um papel central no processo de validação por meio do protocolo aqui proposto.

Outro elemento chave do protocolo é a planilha de cálculo do GHG-AGRO. Esse sistema, a partir de informações reportadas pelos produtores, permite estimativa dos valores de carbono emitido e mitigado. Esse sistema demanda algumas adaptações em sua interface, de forma a facilitar a

utilização por agricultores e consultores, bem como integrá-lo à base AGROTAG-WEBGIS. Em um primeiro momento, os dados do GHG-AGRO serão inseridos no AGROTAG-WEBGIS de forma manual, contudo é fundamental que no futuro ocorra a automação desse processo, para facilitar a utilização bem como para garantir a segurança dos dados. Atualmente já existe uma planilha bem adaptada para produtores de cana que adotam a certificação BONSUCRO. Esse processo de customização deve ser estendido a outras atividades a serem monitoradas.

Por fim, outra importante fonte de coleta de informações para o protocolo são as análises de amostras de carbono no solo. A análise de carbono no solo permite uma estimativa mais detalhada da variação do estoque de carbono em determinado solo. Assim, este teste permite a construção de cenário base e das variações trazidas pela adoção da ABC. A utilização dessas informações depende de uma modelagem que defina pontos específicos que representem a evolução dos níveis de carbono de toda uma área.

Atualmente existem vários testes de carbono disponíveis, mas muitas vezes o valor de cada análise torna o sistema proibitivo. Nesse sentido, a EMBRAPA vem buscando desenvolver testes mais baratos usando técnicas inovadoras de análise das amostras. Isso depende da construção de uma base de dados (biblioteca) que permita a comparação com as amostras coletadas.

As informações coletadas usando essas três fontes (AGROTAG-APP, GHG-AGRO e CARBONO NO SOLO) serão inseridas na ferramenta de processamento em nuvem AGROTAG-WEBGIS, possibilitando o registro de todas as informações de forma rápida e confiável. Uma funcionalidade importante dessa plataforma é a possibilidade de o produtor ter acesso a base de dados já modelada e interpolada pela EMBRAPA para comparar sua situação com outros produtores, de forma a auxiliar em suas decisões de gestão e manejo.

Por fim, as informações agregadas inseridas no AGROTAG-WEBGIS, poderão ser submetidas a verificação por fontes remotas como o SATVEG e o CARBSCAN. Nesse sentido, é fundamental que as informações processadas no AGROTAG-WEBGIS sejam compatíveis com esses dois programadas de monitoramento por satélite. O CARBSCAN, por já integrar o sistema AGROTAG-WEBGIS já apresenta compatibilidade mais avançada.

De forma complementar outros aplicativos desenvolvidos pela Embrapa podem auxiliar para corroborar as avaliações e aumentar a precisão das avaliações. Eles se baseiam em informações sobre a variação do volume de biomassa ao longo dos anos e das diferentes estações. Quando associados a informações sobre o uso do solo no momento de coleta georreferenciada da biomassa existente espera-se poder observar correlações entre os dados coletados por estes diversos aplicativos com a variação do carbono no solo.

6.3 Metodologia de Aplicação

No que se refere a aplicação dessa metodologia, podem ser consideradas 3 etapas: 1) implementação e baseline; 2) acompanhamento e, 3) encerramento e cálculo.

- 1) IMPLEMENTAÇÃO E BASELINE - a primeira fase irá se basear no uso do GHG-AGRO, do AGROTAG e de testes de Carbono no Solo.
 - d) GHG-AGRO - permite que informações sobre o sistema produtivo sejam inseridas, permitindo o cálculo do montante de carbono contido no solo. Essas informações provêm dos agricultores ou de consultores que estejam aplicando o protocolo.
 - e) APP AGROTAG - permite a coleta de informações complementares, como fotos da paisagem, informações da propriedade, entre outras reportadas pelos produtores. Como mencionado, o AGROTAG apresenta a vantagem de todos os dados estarem

georreferenciados, além de já estar integrado com a base AGROTAG-WEBGIS que será utilizada para registro de todas as informações.

- f) Carbono no solo – os testes de carbono no solo serão realizados a partir de coleta local, tendo sua localização indicada pelo APP AGROTAG.

Todos esses dados serão inseridos no sistema AGROTAG-WEBGIS, garantindo um registro preciso e inviolável que permitirá o acompanhamento das atividades e o cálculo nas próximas etapas.

- 2) ACOMPANHAMENTO – a segunda fase do processo, busca monitorar, por meio de sistemas locais e remotos como as tecnologias estão sendo aplicadas e qual seu impacto sobre o estoque de carbono. Como mencionado nas seções anteriores desse estudo, existe uma grande variedade de tecnologias, como a recuperação direta ou por meio de sistemas integrados. Assim, a fase do acompanhamento deve variar a depender do tipo de tecnologia que está sendo implementado.

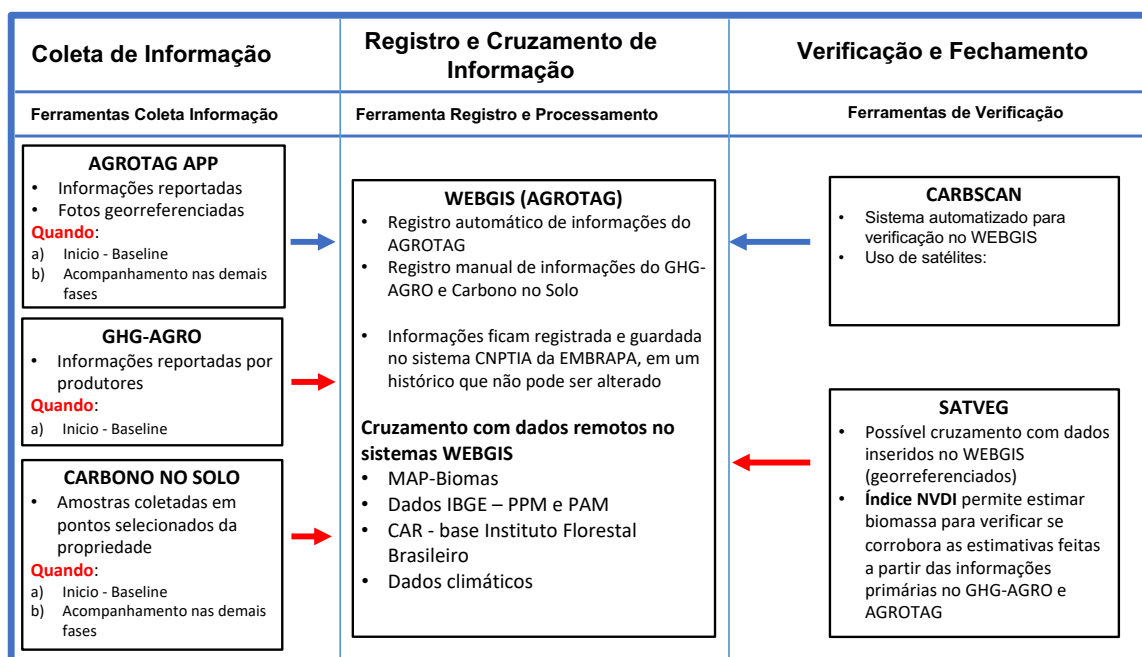
Para tal, as ferramentas mencionadas na etapa 1 devem ser alimentadas com novos dados ao longo de todo o processo de implementação da tecnologia ABC. Por exemplo, no caso de um “ILP Santa Fé”, será necessário coletar dados a cada uma das fases, como o preparo do solo, a semeadura da soja, o desenvolvimento da soja, a colheita da soja, a ceifa da braquiária, o plantio do milho, a colheita do milho, a introdução dos animais, e, por fim, o plantio da soja na palhada remanescente.

Das ferramentas utilizadas, as principais serão o AGROTAG, que permitirá a coleta de fotos e outros dados georreferenciados, e os testes de carbono no solo, que permitirão estimar a variação no estoque de carbono do solo. As ferramentas de monitoramento remoto também serão fundamentais nesse acompanhamento, como o uso do SATVEG que permite acompanhar pelo NDVI se a coloração da paisagem aponta os índices de biomassa esperados pela implantação de uma determinada tecnologia ABC. Da mesma forma, o CARBSCAN pode ser utilizado com essa função.

- 3) ENCERRAMENTO e CÁLCULO – ao final do processo de produção do sistema agropecuário e de coleta de informações, será necessário calcular as emissões mitigadas. Para tal, o GHG-AGRO irá oferecer um balanço de carbono a partir do baseline criado e das informações oferecidas nas fases seguintes. Essa estimativa poderá ser comparada com as amostras coletadas de carbono no solo, chegando a um número de mitigação mais preciso. O AGROTAG também fornece boa base de cálculo por meio de sua calculadora de emissões.

A Figura 7 apresenta as diferentes ferramentas utilizadas no protocolo em cada uma das etapas e as conexões de dados e informações entre elas.

Figura 7. Etapas do protocolo de MRV para a agricultura ABC



6.4. Descrição das Fases do Protocolo de MRV Proposto

Considerando a diversidade de sistemas produtivos de recuperação de pastagens e iLPF existentes, as fases do protocolo, em concordância com as etapas discutidas anteriormente, podem ser assim descritas:

Fase 1: Baseline

Objetivo: Estabelecer o nível inicial de carbono do solo e conhecer as características e o uso da área do projeto antes da implantação do mesmo. Requer (imprescindível) a análise de solo e o preenchimento de informações essenciais que caracterizam o “momento antes” do projeto (uso do solo).

Quando: durante as fases iniciais de preparação e implantação do projeto e preparo de solo

- Dados e informações: caracterização da propriedade e do projeto a ser implantado ou em início de implantação (georreferenciamento, área, tipo de solo, clima, culturas e variedades, número de animais, etc.).
- Ferramenta(s) de coleta da informação: Agrotag-App, GHG-Agro e Análise de solo.
- Registro dos dados: Agrotag-Webgis (todas as informações coletadas são transmitidas e registradas, automaticamente ou manualmente, no Agrotag-Webgis).
- Verificação: inspeção dos dados e/ou Carbscan e Satveg.

Fase 2: Acompanhamento

Objetivo: verificar etapas do andamento do projeto para fins de acompanhamento por parte de financiadores, apoiadores, agentes de assistência técnica, pesquisadores, consultores e demais agentes interessados. Permite recomendar ações para correção ou melhorias do projeto.

Recomenda-se ao menos uma coleta de informação visual (foto) que comprove cada produto ou atividade implantada (ex.: no caso de iLPF, três fotos), e uma coleta de análise de solo.

Quando: durante alguma(s) das seguintes fases: plantio e replantio das sementes e mudas, germinação, adubação de cobertura, crescimento e desenvolvimento das culturas, tratos culturais, controle de pragas e doenças, colheita, desbastes, entrada e engorda dos animais, retirada dos animais.

- Dados e informações: dados diversos de acompanhamento da produção que permitam identificar as diversas atividades realizadas, o aferimento da produtividade das diferentes atividades, e a comprovação dos processos implementados ou produtos produzidos ou em produção. Fotos da atividade em posição com azimute pré-estabelecido, por exemplo.

- Ferramenta(s) de coleta da informação: Agrotag-App e Análise de solo.

- Registro dos dados: Agrotag-Webgis (todas as informações coletadas são transmitidas e registradas, automaticamente ou manualmente, no Agrotag-Webgis).

- Verificação: inspeção dos dados e/ou Carbscan e Satveg.

Fase 3: Encerramento e Cálculo (Consolidação)

Objetivo: verificar os resultados do projeto. Requer (imprescindível) a análise de solo e a contabilização da produção por área de cada produto gerado. Requer também a consolidação de cálculos de variação do carbono no solo e no balanço de carbono do sistema produtivo, e de comparação temporal de informações obtidas remotamente.

Quando: ao final do tempo de maturação do projeto (no caso de recuperação de pastagens), ou de um ciclo produtivo completo de ao menos dois produtos (no caso de sistemas iLPF). A consolidação não precisa necessariamente estar associada ao término do projeto, mas indica um ponto em que seja necessário cruzar informações de diferentes ferramentas de coleta, registro e verificação.

- Dados e informações: resultados de produção e produtividade dos diferentes produtos gerados (toneladas de grão por hectare, peso dos animais, quantidade de madeira, etc.), análise de solo.

- Ferramenta(s) de coleta da informação: Agrotag, GHG-Agro, Análise de solo.

- Registro dos dados: Agrotag-Webgis (todas as informações coletadas são transmitidas e registradas, automaticamente ou manualmente, no Agrotag-Webgis).

- Contabilização do carbono: comparação das análises de solo das três fases, GHG-Agro, Agrotag-Webgis

- Verificação: inspeção dos dados e/ou Carbscan e Satveg. Comparação das variações de carbono dessas ferramentas com as calculadas pelas análises de solo e pelo GHG-Agro.

As Figura 8 e 9 resumem as etapas, informações e análises descritas acima.

Figura 8. Fases do protocolo do MRV para a agricultura ABC

Fases do Protocolo do MRV Proposto			
	Fase 1: Baseline	Fase 2: Acompanhamento	Fase 3: Encerramento e Cálculo
Coleta de Informação	Agrotag GHG-Agro Análise de solo	Agrotag Análise de solo	Agrotag GHG-Agro Análise de solo
Registro	Webgis	Webgis	Webgis
Verificação e Fechamento	Inspeção de dados Carbscan Satveg	Inspeção de dados Carbscan Satveg	Inspeção de dados Carbscan Satveg

Soja + 2ª safra de milho + pecuária ± 92% do tempo											
OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET

Milho + Brachiaria/pecuária ± 92% do tempo (± 8%)											
OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET

Figura 9. Atividades, informações e implementação do MRV para a agricultura ABC

Atividades, Informações e Implementação do MRV Proposto			
	Fase 1: Baseline	Fase 2: Acompanhamento	Fase 3: Encerramento e Cálculo
Coleta de Informação	Uso anterior da área e produtividade, georreferenciamento, solo, clima, carbono no solo	Fotos e registros de etapas e produtos (plantio, tratos culturais, colheita, entrada de animais, etc.)	Produção, produtividade, carbono no solo
Registro	Informações coletadas	Informações coletadas	Informações coletadas
Verificação e Fechamento	Inspeção das informações, imagens de satélite e índices de vegetação	Inspeção das informações, imagens de satélite e índices de vegetação	Contabilização e comparação do carbono do solo, do GHG-Agro, e das imagens de satélite e índices de vegetação)

Soja + 2ª safra de milho + pecuária ± 92% do tempo											
OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET

Milho + Brachiaria/pecuária ± 92% do tempo (± 8%)											
OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET

6.5. Potenciais usos do protocolo

A principal informação verificada pelo protocolo é a adoção de um sistema ABC, bem como estimativas robustas dos valores de carbono mitigados nesse processo. Apesar de no futuro essa informação poder ser transformada em uma certificação de terceira parte a ser acessada por consumidores finais, em um primeiro momento esse protocolo deve se direcionar mais para usos institucionais, como crédito subsidiado.

Atualmente, o crédito ABC já demanda ferramentas desse tipo. A carência de ferramentas de monitoramento a serem utilizadas pelos agentes bancários que concedem essa modalidade de

financiamento é apontada por estudos como um dos principais entraves. Dessa forma, esse protocolo teria um importante uso para implementação do crédito ABC, fornecido pelo governo brasileiro.

Outras modalidades de crédito privado, os chamados créditos verdes, também carecem de ferramentas para sua utilização. Atualmente, o MAPA em parceria com a Climate Bonds Initiative (CBI) vem buscando desenvolver um protocolo semelhante de forma a verificar a adoção de tecnologias sustentáveis na agricultura. A ideia é criar um padrão que possa ser usado por agentes financeiros visando o crédito agrícola. Dessa forma, seria possível impulsionar esse mercado de finanças sustentáveis, reduzindo a necessidade de crédito público (como o ABC).

Por fim, essa informação também poderia ser usada por produtores para comunicar a sustentabilidade de sua produção. O uso de instrumentos de comunicação de sustentabilidade tem se expandido nos últimos anos. Basicamente, as informações verificadas por meio do protocolo são inseridas em um relatório de sustentabilidade que pode, caso o produtor deseje, ser disponibilizado para os consumidores por meio de um QRcode nos produtos. Atualmente, a empresa BrasilGAP já tem disponível uma ferramenta desse tipo chamada de AGRODIMENSÕES⁵, baseada em uma metodologia de avaliação da EMBRAPA MEIO AMBIENTE. Esse tipo de comunicação pode ajudar na abertura de mercados e na obtenção de prêmios de preço para produtores, especialmente no mercado exterior.

Indiretamente, as informações coletadas em um protocolo de verificação privado podem alimentar a base de cálculos da Plataforma ABC. Seria um importante incentivo para que agentes privados, como produtores rurais, agentes financeiros, certificadoras, entre outros, fornecessem suas informações para o cálculo de mitigação nacional. Dessa forma, o inventário de emissões brasileiro se tornaria mais preciso.

6.6. Teste-piloto – planejamento

A princípio, 3 propriedades são consideradas para teste piloto no primeiro semestre de 2019. Uma delas seria uma pequena propriedade (cerca de 30 ha) localizada no estado de São Paulo, produzindo cana e pecuária em sistema integrado. Essa propriedade já possui uma certificação para cana (BONSUCRO) o que facilita o acesso a dados que já estão mais organizados. O segundo caso, uma propriedade de médio porte (cerca de 300 ha), também localizada no estado de São Paulo produz grãos em rotação com pecuária (ILP). Por fim, uma propriedade de grande porte (cerca de 22 mil ha) no estado do Mato Grosso, atuando principalmente na pecuária em sistema integrado com soja.

7. Conclusão: desafios para implementação do MRV

Dentre as principais conclusões do presente estudo, pode-se destacar:

- A agricultura de baixa emissão de carbono (ABC) é fundamental para os esforços brasileiros de mitigação e para o cumprimento do acordo de Paris;
- O plano ABC só poderá ter seus resultados mensurados e avaliados se um robusto sistema de MRV for estruturado no Brasil;
- Não se encontram em outros países sistemas de MRV amplos e aplicáveis a grande variedade de biomas e sistemas de produção presentes no Brasil;

⁵ Inserir link para artigo na AGRONALYSIS

- A Plataforma ABC vem desenvolvendo ferramentas para coleta, processamento e verificação de práticas ABC;
- As ferramentas desenvolvidas e bases de dados disponíveis já permitem realizar um monitoramento e checagem dos resultados de projetos de agricultura ABC;
- Ainda existe o desafio de integrar as diferentes ferramentas, de forma a permitir um MRV amplo e economicamente viável para agricultura brasileira;
- O sistema de MRV aqui proposto pode e deve ser customizado e desenvolvido via protocolos de verificação local a serem implementados por certificadoras privadas;
- O protocolo aqui proposto pode ser usado para fins públicos (crédito ABC, inventário nacional, etc..) e privados (marketing de produtos, crédito privado, etc..);

REFERÊNCIAS

- BALBINO, L. C. [et al.]. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. In: Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.10, p. i-xii, out. 2011.
- BALBINO, L.C.; KICHEL, A.N.; BUNGENSTAB, D.J.; ALMEIDA, R.G. de., 2019. Sistemas de integração: conceitos, considerações, contribuições e desafios. In: BUNGESTAB, D. et al. (editores técnicos). Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 31-48.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA); MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (MDA). Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: MAPA/MDA, 2011.
- CASHORE, B. Legitimacy and the Privatization of Environmental Governance: How Non-State Market-Driven (NSMD) Governance Systems Gain Rule-Making Authority. Governance, v. 15, n. 4, p. 503-529, 2002.
- COMPRERURAL, 2018. Disponível em: <https://www.comprerural.com/video-caso-de-sucesso-regiao-do-ms-recebe-projeto-de-recuperacao-de-pastagens-degradadas/>. Acesso em 7 out. 2019.
- DIAS FILHO, M. B. Degradação de pastagens: o que é e como evitar. Brasília: Embrapa, 2017. 19p.
- De MAN, R.; GERMAN, L. Certifying the sustainability of biofuels: Promise and reality. Energy Policy, 109, 871–883, 2017.
- ENDRES, J. Clearing the Air: The Meta-Standard Approach To Ensuring Biofuels Environmental And Social Sustainability. Virginia law review, pp.1-54, 2010.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). National emissions reported to the UNFCCC and to the EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism. Bruxelas, 2018.
- EUROPEAN COMMISSION – EC. Establishing a template for National Renewable Energy Action Plans under Directive (2009/28/EC). Available: http://ec.europa.eu/energy/renewables/doc/nreap__adoptedversion__30_june_en.p
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). National integrated mitigation planning in agriculture: a review paper. Rome, 2013. Available at: <<http://www.fao.org/docrep/017/i3237e/i3237e.pdf>>
- GVCES. Requerimentos para um Sistema Nacional de Monitoramento, Relato e Verificação de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Fundação Getulio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade [GVces]; World Resources Institute. São Paulo, p. 304. 2014
- GVCES; WRI. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol - Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa.

Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade [GVces]; World Resources Institute. São Paulo, p. 74. 2011. (2ª Edição).

MACEDO, M. C. M. Recuperação de áreas degradadas: pastagens e cultivos intensivos. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 7, Goiânia, 1993. **Anais ...** Goiânia: SBSC, 1993, p. 71-72.

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens: conceitos, alternativas e métodos de recuperação. In: Curso de pastagens. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2001. 12 p.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; KICHEL, A.N. Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2000. 4 p. (Comunicado técnico, 62).

MANZATTO, C.; ARAUJO, L. S.; VICENTE, L. E.; VINCENTE, A. K.; PEROSA, B. B. Plataforma Abc: Monitoramento Da Mitigação Das Emissões De Carbono Na Agropecuária. AGROANALYSIS (FGV), v. 38, p. 26-29, 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Plano ABC em Números: 'Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC)'. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-em-numeros/arquivos/ResumodaadooemitigaodegasesdeefeitosestufapelastecnologiasdoPlanoABCPerodo2010a2018nov.pdf>>. Acesso em ago 2019.

NEW ZEELAND MINISTRY OF ENVIRONMENT (NZME). The 1990–2017 greenhouse gas inventory uses the 100-year global warming potential values from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. See Annex III of UNFCCC decision 24/CP.19: <http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf>

NEWTON, P.; AGRAWAL, A.; WOLLENBERG, L. Enhancing the sustainability of commodity supply chains in tropical forest and agricultural landscapes. *Global Environmental Change*, 23(6), 1761-1772, 2013.

OBSERVATÓRIO ABC. Desafios e restrições dos produtores rurais na adoção de tecnologias de baixo carbono ABC- Estudo de caso em Alta Floresta. Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos AGRONEGÓCIOS (GV-AGRO). p. 25, 2017. Disponível em <http://observatorioabc.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Sumario_ABC_AltaFloresta_1.pdf>

PEROSA, B. B.; AZEVEDO, P. F. The evolution of environmental governance mechanisms: an institutional framework applied to biofuels. In: XII Encontro de Economia Ecológica, Uberlândia. Anais do XII Encontro de Economia Ecológica, 2017.

SOARES-FILHO, S. S.; LIMA, L.; BOWMAN, M. S.; VIANA, L.; GOUVELLO, C. Challenges for Low-Carbon Agriculture and Forest Conservation in Brazil. *Sustainability Papers*, v. 1, p. 1-1, 2012.

TRÖSTER, R.; HIETE, M. Success of Voluntary Sustainability Certification Schemes—A Comprehensive Review. *Journal of Cleaner Production*. V. 196, 20 pp. 1034-1043, 2018.

VERDI, P. H. P. Análise da viabilidade econômica de sistemas de recuperação de pastagens degradadas em solos arenosos. Dissertação de Mestrado em Agronegócios Fundação Getúlio Vargas. 2018.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; MACEDO. M.C.M. et al., 2011. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 10, p. 1127-1138.

ANEXO 1 – Dificuldades para recuperação e implementação de sistemas integrados

Dificuldades na recuperação de pastagens degradadas

Além dos aspectos já apontados nos itens anteriores, ressalta-se aqui que antes da implantação é fundamental determinar o estágio de degradação da pastagem. Dependendo deste estágio e das condições de manejo possíveis na propriedade, é que se definirá qual estratégia poderá ser adotada.

Nível 1 - leve: pastagem ainda produtiva, mas com algumas áreas de solo descoberto e ou com presença de plantas invasoras (folha larga);

Nível 2 - moderado: pastagem com perda de vigor, várias áreas com solo descoberto, presença de plantas invasoras e de alguns cupinzeiros;

Nível 3 – forte: predominância de solo descoberto, muitos cupinzeiros, sulcos de erosão visíveis;

Nível 4 – muito forte: muito pouca ou nenhuma cobertura do solo; nas áreas com vegetação, predominam plantas invasoras (folhas mais largas que de gramíneas); muitos cupinzeiros e ou presença de voçoroca.

Dificuldades na implementação de sistemas integrados

Antes da implantação de atividades rurais, e visando seu acompanhamento, são necessárias informações de identificação da propriedade rural, caracterização da região, diagnóstico da unidade de produção e interpretação desse diagnóstico. Esses aspectos encontram-se detalhados no Anexo 1.

Mudanças em sistemas de produção agrícola visando mitigação de GEE e adaptação às mudanças climáticas exige um diagnóstico preliminar para definir a estratégia adequada a ser adotada, principalmente quando esta envolve atividades de lavoura e pecuária e/ou floresta. Assim, é necessário avaliar: se é área arrendada, em parceria ou terceirizada; solos e clima, que devem ser favoráveis aos produtos envolvidos no sistema; a infraestrutura mínima em termos de máquinas, equipamentos e logística; se a área a ser renovada permite acesso a máquinas e implementos; os recursos financeiros disponíveis; e se a propriedade dispõe de pessoal com domínio de tecnologia de produção de grãos.

Em qualquer sistema adotado, alguns pontos importantes devem ser considerados:

- Na renovação indireta a adoção do sistema ILP pode ser feita numa sequência 1 ano de lavoura – 1 ano de pecuária, ou 2 anos de lavoura – 1 ano de pecuária, 1 ano de lavoura – 2 anos de pecuária, 2 anos de lavoura – 2 anos de pecuária, etc.; dependendo da escolha tem-se um ILP propriamente dito ou uma sequência lavoura e pasto recuperado;
- Dependendo da região, pode ser feita uma sequência soja – milho safrinha – pasto;
- Deve-se definir quais as espécies ou cultivares mais indicadas para a produção de grãos considerando as características do empreendimento, do clima e do solo da região, do sistema a ser adotado (ILP ou uma sequência lavoura-pasto), do preço e da disponibilidade no mercado;
- Escolher e definir qualidade e quantidade de semente de pastagem;
- Considerar no sistema de manejo qual o tipo de produção pecuária (cria; recria; engorda ou terminação; cria e recria; recria e engorda; ou cria, recria e engorda);

- Definir estratégia de manejo de pastagem, considerando a pressão de pastejo, dada pela relação entre o peso vivo dos animais em pastejo e a quantidade de forragem disponível na pastagem; o número de dias de pastejo; número de dias de descanso; e taxa de lotação, relação entre a carga animal com a área;
- Considerar as características da raça que está sendo utilizada e avaliar estratégias de melhoramento genético do plantel.

Em sistemas com árvores (ILPF e IPF):

- Mudas de árvores sofrem com a competição da pastagem. É necessário eliminá-la na linha de plantio das árvores, o que pode ser feito com o uso de herbicidas ou ainda com capina mecânica.
- O pasto deve ser eliminado numa faixa de, ao menos, 1 metro para cada lado da linha de plantio das mudas de árvores, para evitar a competição do capim com as mudas de árvores e o atraso no crescimento das
- Nas linhas de plantio, recomenda-se o preparo localizado (em covas) ou abrir sulcos onde as mudas de árvores serão plantadas.
- Recomenda-se o uso de uma haste escarificadora para marcar a linha de plantio e preparar o solo onde as mudas serão plantadas.
- Em área com problemas de compactação de solo, é necessário realizar uma subsolagem na linha de plantio, para favorecer o desenvolvimento das raízes das árvores. Isso deve ser feito.
- Depois da subsolagem, o preparo pode ser localizado (covas) ou por meio de plantio direto das mudas no sulco deixado pelo subsolador. D
- Quando é feita a subsolagem, recomenda-se aguardar que ocorra chuva antes do plantio das mudas.

Escolha da espécie e arranjo espacial das árvores: depende da finalidade da madeira, que influencia o espaçamento entre árvores¹.

Arranjo espacial		Finalidade da madeira					
		Madeira fina (carvão, lenha, palanques de cerca)			Madeira grossa (serraria e laminação)		
		E (m)	NA / ha	AO (%)	E (m)	NA / ha	AO (%)
F A I X A D E Á R V O R E S	Linha simples	14 x 2	357	14,3	14 x 4 ou 28 x 4	179 ou 89	14,3 ou 7,1
	Linha dupla	14 x 2 x 3	417	25	18 x 3	185	11,1
	Linha tripla	14 x 3 x 1,5	1.000	40	20 x 3	167	10

¹Não estão sendo consideradas possíveis mortes de árvores; por isso, é importante fazer plantio mais denso de mudas e posterior desbaste, ou realizar replantio de mudas. E = espaçamento, em metros; NA/ha = número de árvores por hectare; AO = área ocupada pela faixa de árvores em porcentagem da área total da gleba.

Escolha da forrageira: devem ser tolerantes a sombreamento. Exemplos:

Tolerância	Nome científico
Alta	<i>Paspalum dilatatum</i> , <i>P. conjugatum</i> , <i>Centrosema macrocarpum</i> , <i>Desmodium ovalifolium</i>
Média	<i>Urochloa brizantha</i> , <i>U. decumbens</i> , <i>U. humidicola</i> , <i>Panicum maximun</i> , <i>Paspalum plicatulum</i> , <i>Paspalum notatum</i> , <i>Calopogonium mucunoides</i> , <i>Centrosema pubescens</i> , <i>Pueraria phaseoloides</i> , <i>Desmodium intortum</i> , <i>Neonotonia wightii</i>
Baixa	<i>Digitaria decumbens</i> , <i>Cynodon plectostachyus</i> , <i>Stylosanthes guianensis</i> e <i>Macroptilium atropurpureum</i>

ANEXO 2 - Diagnóstico da Propriedade Rural

Os itens relacionados a seguir levam em conta a estrutura geral de um sistema para monitoramento de redução de GEE.

1) Identificação da propriedade rural:

- a) Nome do proprietário;
- b) Nome e localização (coordenadas geográficas) da propriedade rural;
- c) Organização social: indicar a forma como a razão social está estruturada e organizada e o papel que cada um recebe.

2) Caracterização da região

- a) levantar dados climáticos e meteorológicos disponíveis (temperaturas média, máxima e mínima em °C; umidade relativa do ar, em %; precipitação média, mínima e máxima, em mm; ocorrência de geadas e de veranicos);
- b) identificar mercado fornecedor de insumos;
- c) identificar mercado comprador de produtos (grãos, carne e ou leite);
- d) verificar meios de transporte;
- e) verificar infraestrutura disponível para armazenamento de grãos;
- f) levantar possíveis linhas de crédito rural na região.
- g) avaliar benfeitorias e instalações para estoque de insumos e produtos;
- h) avaliar máquinas, equipamentos e veículos;
- i) verificar as habilidades da força de trabalho em atividades de lavoura;
- j) verificar recursos financeiros disponíveis;
- k) definir estratégias de gerenciamento e acompanhamento;
- l) levantar fontes de informação tecnológica adequadas ao sistema definido.

3) Diagnóstico da unidade de produção

- a) identificar a área (setor / retiro / gleba), indicando tamanho, uso atual, histórico de uso, espécie atual, ocorrência de pragas e ou invasoras,
- b) indicar a topografia (plano ou até 3% de declividade, suavemente ondulado ou de 3 a 8% de declividade, ondulado ou de 8 a 20% de declividade);
- c) verificar estado de superfície (presença de cascalhos e matacões, existência de pontos de inundação, presença de sulcos de erosão e de ravinas, e outros aspectos que possam limitar a sistematização da área);

- d) definir talhões homogêneos e coletar amostras compostas de solo na camada 0-30 cm da área a ser renovada para caracterização química e física (análise granulométrica, de fertilidade e de teor de carbono);
- e) avaliar disponibilidade de água na área.

4) Interpretação do diagnóstico

- a) levantar os fatores limitantes da propriedade;
- b) avaliar as principais aptidões da propriedade;
- c) identificar alternativas tecnológicas;
- d) identificar sistemas de produção mais adequados à propriedade;
- e) selecionar alternativas tecnicamente corretas e economicamente viáveis;
- f) escolher a alternativa que se ajusta ao diagnóstico feito.



www.observatorioabc.com.br