



**unifaema**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAEMA – UNIFAEMA**

**BÁRBARA FREIRE ALVES**

**A FIXAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO EM SOLO (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO) SOB TÉCNICAS CONSERVACIONISTAS EM UMA PROPRIEDADE NA REGIÃO DO VALE DO JAMARI – RONDÔNIA**

**ARIQUEMES - RO  
2022**

**BÁRBARA FREIRE ALVES**

**A FIXAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO EM SOLO (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO) SOB TÉCNICAS CONSERVACIONISTAS EM UMA PROPRIEDADE NA REGIÃO DO VALE DO JAMARI – RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA como pré-requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador (a): Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima.

**ARIQUEMES - RO  
2022**

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

A474f Alves, Bárbara Freire.

A fixação de carbono orgânico em solo (argissolo vermelho-amarelo) sob técnicas conservacionistas em uma propriedade na região do Vale do Jamari – Rondônia. / Bárbara Freire Alves. Ariquemes, RO: Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA, 2022. 57 f. ; il.

Orientador: Prof. Ms. Felipe Cordeiro de Lima.

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária – Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA, Ariquemes/RO, 2022.

1. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. 2. Créditos de Carbono. 3. Gases de Efeito Estufa. 4. Análise de Solo. 5. Mercado Internacional. I. Título. II. Lima, Felipe Cordeiro de.

CDD 628.5

**Bibliotecária Responsável**  
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro  
CRB 1114/11

**BÁRBARA FREIRE ALVES**

**A FIXAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO EM SOLO (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO) SOB TÉCNICAS CONSERVACIONISTAS EM UMA PROPRIEDADE NA REGIÃO DO VALE DO JAMARI – RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA como pré-requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador (a): Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima.

**BANCA EXAMINADORA**

Assinado digitalmente por: FELIPE  
CORDEIRO DE LIMA  
Razão: Sou responsável pelo documento  
Localização: UNIFAEMA - Ariquemes/RO

---

Prof. Mestre Felipe Cordeiro de Lima  
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

Assinado digitalmente por: Driano Rezende  
Razão: Sou responsável pelo documento  
Localização: UNIFAEMA, Ariquemes - RO  
O tempo: 01-12-2022 23:31:07

---

Prof. Doutor Driano Rezende  
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

Assinado digitalmente por: Matheus Martins Ferreira  
Razão: Professor responsável pelo documento  
Localização: Ariquemes/UNIFAEMA  
O tempo: 01-12-2022 15:39:15

---

Prof. Doutor Matheus Martins Ferreira  
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

**ARIQUEMES – RO  
2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me manter saudável e forte ao longo desta jornada acadêmica.

Gostaria de agradecer à minha família pelo apoio que me deram ao longo da minha vida, em principal ao meu pai João Inácio Alves que sempre me incentivou e sempre acreditou na minha capacidade, infelizmente ele não está presente fisicamente, mais sei que de onde ele estiver, estará muito orgulhoso da minha conquista. Esse diploma é para você Pai!

Gostaria de agradecer ao meu orientador Professor Mestre Felipe Cordeiro de Lima pelo encorajamento e por dedicar seu tempo limitado ao meu projeto de pesquisa.

Também gostaria de agradecer ao Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA e a todos os professores do meu programa de graduação pela educação fornecida, principalmente a professora Liliane Coelho de Carvalho pelos ensinamentos, conselhos e ajudas os quais guiaram meu aprendizado.

## RESUMO

As discussões acerca das problemáticas ambientais iniciaram a partir da Rio-92 onde diversos países firmaram o compromisso ligados as mudanças climáticas. Em 1997, o tratado Protocolo de Quioto propôs a redução das emissões de gases de efeito estufa – GEEs e criou mecanismos para auxiliar no processo de redução que são: o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, o Comércio de Emissões e a Implementação Conjunta. No ano de 2009, na COP-15 foi estabelecido um objetivo geral, limitar o aumento da temperatura terrestre em 2°C, para tal, metas de reduções foram estabelecidas. O Brasil assumiu o compromisso da implantação da agricultura de baixo carbono, criando o Plano ABC que objetiva promover a redução das emissões de gases de efeito estufa – GEEs na agricultura brasileira. O presente trabalho objetiva compreender a quantidade de carbono orgânico no solo de uma propriedade que realiza plantio direto no região do Vale de Jamari em Rondônia e como está agricultura conservacionista pode contribuir para a redução dos GEEs. Para tal, foi realizada coleta de solo em campo experimental, localizado no município de Rio Crespo/RO, visando identificar a relação qualidade do solo com as práticas de manejo agrícola sustentáveis, e conseqüentemente, buscar a ligação desde como o aporte de Carbono no solo. Verificou-se que a área em estudo possui baixa quantidade de Matéria Orgânica – MO variando de 1% a 2,8% e Carbono Orgânico – CO com uma média de 0,4683%, estando sob o Sistema de Plantio Direto – SPD, Consorciação e Rotação de Cultura a apenas dois anos. Entretanto, acredita-se que o solo objeto do estudo, possua capacidade de fixação de carbono desde que boas práticas sejam adotadas, porém, este só se tornará uma reserva de carbono a longo prazo. Do ponto de vista comercial, o atual mercado voluntário ou regulado, ainda carece de efetividade principalmente no que diz respeito a políticas públicas que permitam a inserção do setor agropecuário no comércio internacional de créditos de carbono. Inúmeros desafios devem ser superados para que agricultura brasileira possa contribuir para a reduções de gases de efeito estufa e se lançar no Mercado Internacional de Créditos de Carbono.

**Palavras-chave:** Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; Créditos de Carbono; Gases de Efeito Estufa.

## ABSTRACT

The discussions about environmental issues began as of Rio-92 where several countries signed the commitment linked to climate change. In 1997, the treaty Kyoto Protocol proposed the reduction of greenhouse gas emissions - GHGs and created mechanisms to assist the reduction process which are: the Clean Development Mechanism - CDM, Emissions Trading and Joint Implementation. In 2009, at the COP-15 a general objective was established, to limit the increase in the earth's temperature to 2°C, for which reduction targets were set. Brazil is committed to the implementation of low carbon agriculture, creating the ABC Plan, which aims to promote the reduction of greenhouse gas emissions - GHGs in Brazilian agriculture. The present work aims to understand the amount of organic carbon in the soil of a property that performs no-till farming in the Jamari Valley region in Rondonia and how this conservationist agriculture can contribute to the reduction of GHGs. To this end, soil was collected in an experimental field, located in the municipality of Rio Crespo/RO, in order to identify the relationship between soil quality and sustainable agricultural management practices, and consequently, to seek the connection between this and the contribution of carbon in the soil. It was found that the area under study has a low amount of Organic Matter - OM ranging from 1% to 2.8% and Organic Carbon - OC with an average of 0.4683%, being under the No-till System - SPD, Consortia and Crop Rotation for only two years. However, it is believed that the soil object of the study has a capacity for carbon fixation as long as good practices are adopted, but it will only become a carbon reserve in the long term. From the commercial point of view, the current voluntary or regulated market still lacks effectiveness, especially with regard to public policies that allow the insertion of the agricultural sector in the international trade of carbon credits. Numerous challenges must be overcome so that Brazilian agriculture can contribute to the reduction of greenhouse gases and launch itself in the International Market for Carbon Credits.

**Keywords:** Clean Development Mechanism; Carbon Credits; Greenhouse Gases.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Resultados Analíticos do solo estudado.....	33
Tabela 02 - Analise do Carbono Orgânico Total; CTC; Matéria Orgânica do solo estudado.....	38
Tabela 03 – Níveis de alguns componentes do solo para efeito da interpretação de resultados de análise química do solo.....	39
Tabela 04 – Classes de interpretação de fertilidade do solo.....	40



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Quantidade acumulada de carbono, estocado no solo até uma profundidade de 40cm.....	41
Figura 02 – Estoque de Carbono a 100cm de profundidade .....	42
Figura 03 – Carbono orgânico no solo em Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo.....	43

## LISTA DE SIGLAS

B	Boro
C	Carbono
Ca	Cálcio
CaCl <sub>2</sub>	Cloreto de Cálcio
CO	Carbono Orgânico
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COP	Conference of the Parties
COT	Carbono Orgânico Total
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Cu	Cobre
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
DTPA	Ácido dietilenotriaminopentaacético
EFT	Enhanced Transparency Framework
Fe	Ferro
GEEs	Gases de Efeito Estufa
GS	Gold Standard
IFF	Instituto de Finanças Internacional
ILP	Integração Lavoura-Pecuária
ILPF	Integração Lavoura, Pecuária e Floresta
K	Potássio
KCl	Cloreto de Potássio
m%	Porcentagem de saturação por Alumínio
MBRE	Mercado Brasileiro de Redução de Emissões
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MN	Mata Nativa
MO	Matéria Orgânica
N	Nitrogênio
NAMAS	Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas
NIR	Espectroscopia no infravermelho próximo

ONU	Organização das Nações Unidas
PC	Plantio Convencional
PDA	Plantio Direto Alternativo
PDC	Plantio Direto Contínuo
PGSA	Política Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PRA	Preparo Alternativo
PRT	Preparo Tradicional
REDD+ Florestal	Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação
S	Enxofre
Sinare	Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa
SMP	Shoemaker, Mac lean e Pratt
SPD	Plantio Direto
SPD	Sistema Plantio Direto
V%	Porcentagem de saturação por bases
VCS	Verified Carbon Standard
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Geral.....	15
1.1.2 Específicos .....	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
2.1 BREVE HISTÓRICO.....	16
2.1.1 Protocolo de Quioto (COP-3 em Quioto).....	17
2.1.2 Metas de Redução de Emissões (COP-15 em Copenhague).....	18
2.1.3 Acordo de Paris e a Iniciativa “4 por 1000” (COP-21 em Paris).....	19
2.1.4 Regulamentação do Mercado de Carbono (COP-26 em Glasgow).....	19
2.1.5 O Mercado de Crédito de Carbono Voluntário.....	20
2.1.6 O Mercado de Crédito de Carbono Regulado no Brasil.....	21
2.2 FIXAÇÃO DE CARBONO NO SOLO SOB O MANEJO CONSERVACIONISTA .....	23
2.2.1 Parâmetros e Indicadores Físicos, Químicos e Biológicos que Contribuem para a Qualidade do Solo .....	24
2.2.2 Práticas Agrícolas Conservacionistas .....	26
2.2.3 Integração Lavoura, Pecuária e Floresta – ILPF.....	27
2.2.4 Sistema de Plantio Direto – SPD e Rotação de Cultura .....	28
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>29</b>
3.1 TIPO DE ESTUDO.....	29
3.2 ÁREA DE ESTUDO .....	30
3.2.1 Da coleta de dados .....	31
3.2.2 Da análise dos dados .....	31
<b>4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA</b> .....	<b>38</b>
4.1 RESULTADOS ANALÍTICOS .....	38
4.2 PROPOSTA DE TÉCNICAS DE MANEJOS DO SOLO.....	41
4.3 PROPOSTA DE COMERCIALIZAÇÃO DO CARBONO FIXADO NO SOLO .....	44
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os gases de efeito estufa são encontrados naturalmente na atmosfera, entretanto, a preocupação consiste no aumento da concentração destes, o que vem a causar um aquecimento das camadas mais baixas da atmosfera e conseqüentemente a superfície terrestre, desta forma, compreende-se que as mudanças climáticas podem ocorrer de forma natural, porém, são intensificadas pelas atividades antropogênicas (IPCC,2001 *apud* CARVALHO,2009).

As principais fontes emissoras de gases de efeito estufa são: a queima de combustíveis fósseis, seja para geração de energia ou transportes, a emissão de gases pelas atividades industriais e o uso inadequado do solo, intensificado pelo desmatamento ilegal. No Brasil, novas estratégias estão sendo adotadas como formas de mitigação das emissões destes gases para a atmosfera, dentre elas, destacam-se: a diminuição das áreas de erosão; menos revolvimento do solo e mais preservação da palhada oriunda de culturas anteriores; e a adoção de técnicas de plantio direto; assim como o manejo responsável do solo e seus nutrientes. A acelerada decomposição de matéria orgânica presente no solo, propicia uma grande queda na fertilidade do solo; visto que a matéria orgânica possui papel de grande importância no tocante acúmulo de nutrientes para a plantas. Desta forma, visando evitar um estresse nutritivo e o comprometimento do rendimento das culturas, é imprescindível, a adoção de técnicas que auxiliem na diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente o aumento no estoque de carbono no solo (SILVA; MACHADO, 2000).

Áreas agrícolas podem reter ou gerar gases de efeito estufa, de acordo com o manejo adotado (IPCC,2001 *apud* CARVALHO, 2009). Práticas movidas à revolvimento do solo, aceleram processos microbianos, o que contribuem diretamente para retorno do C do solo para a atmosfera em forma de CO<sub>2</sub>. Assim, a associação de Plantio Direto com Rotação de Culturas com alta geração de resíduos vegetais, tende a ser a grande alternativa agrícola no auxílio a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, além de contribuir para o estoque de C no solo (SÁ *et al.*, 2001 *apud* CARVALHO,2009). A utilização de Plantas de Cobertura atua como dissipador de energia, protege o solo do impacto direto das gotas de chuva, minimiza ou elimina a erosão. Proteja a superfície do solo e, portanto, seus agregados sob a influência

da luz solar direta e do vento. Isso reduz a evaporação, aumenta a infiltração e o armazenamento de água no solo, promovendo temperaturas mais amenas na camada mais superficial para o desenvolvimento de plantas e organismos. A palha é essencial para uma cobertura permanente do solo, porque preserva ou melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, portanto, a sua qualidade (ALVARENGA, 2001.)

A partir de então, torna-se possível estabelecer projetos de redução de emissões para a negociação de créditos de carbono, onde países que não conseguem atingir a meta para redução de emissões compram créditos, das indústrias que conseguiram atingir suas metas diminuindo suas emissões abaixo da cota podem vender esse excedente, seja no mercado nacional ou internacional Quioto.

Baseando-se em tais informações, o presente trabalho visa compreender o papel da agricultura conservacionista no sequestro e estocagem de carbono no solo, e conseqüentemente a sua contribuição para redução dos gases de efeito estufa.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Geral

Compreender o potencial do solo de uma propriedade rural localizada no Bioma Amazônico em estocar Carbono (C), bem como o papel da Agricultura Conservacionista na redução de Gases de Efeito Estufa (G.E.E).

### 1.1.2 Específicos

- Analisar a quantidade de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico presente no solo da área de estudo.
- Apontar práticas agrícolas que intensifiquem o sequestro e estocagem de Carbono no solo.
- Apresentar os canais de comercialização dos Créditos de Carbono oriundos do sequestro agrícola.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 BREVE HISTÓRICO

Desde a Revolução Industrial, as fontes de emissões de dióxido de carbono vêm crescendo constantemente com a queima de combustível fóssil como por exemplo o carvão, gás natural e o petróleo. Além dos fatores humanos, existem fontes naturais de emissões de dióxido de carbono, como decomposição, liberação do mar e respiração. Contribuindo para o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, um dos gases do Efeito Estufa (GAMA, 2015).

Vários autores, como por exemplo Gama (2015), defendem a teoria de que o aumento no volume de tais gases, principalmente o gás carbônico, pode influenciar no aumento da temperatura média global, causando assim problemas para a vida na Terra.

Nas palavras de Sister (2008, p. 3):

Se o aquecimento global continuar, estima-se que as mortes relacionadas a tal evento deverão dobrar em apenas 25 anos, atingindo algo em torno de trezentas mil pessoas. O nível dos oceanos deverá subir mais de seis metros e mais de um milhão de espécies deverão entrar em extinção até o ano de 2050.

É fato que o aquecimento global tem se tornado uma inegável realidade e que necessita ser contido, seja pelo mercado financeiro ou através de algum outro tipo de mecanismo capaz de fazê-lo. Em melhor cenário, estima-se que a temperatura possa elevar em 1,5°C em duas décadas, conforme Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021).

Independentemente do debate em curso sobre o assunto, é verdade que os governos de todo o mundo estão começando a trabalhar para reduzir a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera. Estudo de 2015 realizado *pela Pew Research Center* mostra que em média 54% das pessoas em todo o mundo acreditam que as mudanças climáticas é um problema muito sério, sendo que a intensidade dessa preocupação varia dependendo da região onde estão localizados (BURGIERMAN, 2015)



O mesmo estudo foi realizado no Brasil em 2021 pelo Instituto de Tecnologia e Sociedade – ITS-Rio, onde após levantamento que ouviu 2.600 pessoas em todas as regiões do país, constatou-se que cerca de 55% dos entrevistados consideram que o cenário atual é muito preocupante e aponta a Floresta Amazônica como o ecossistema mais ameaçado do mundo, sendo que sua preservação é essencial para a identidade nacional (CAETANO, 2021).

### **2.1.1 Protocolo de Quioto (COP-3 em Quioto)**

Em 1992 as Nações Unidas – ONU propuseram um tratado internacional para combater as mudanças climáticas. O intenso debate ambiental levou a assinatura do Protocolo de Quioto em 1997, o qual só entrou em vigor em 2005. Com a adesão de mais de 55 países, responsáveis por mais de 80% da emissão de gases poluentes, os países se comprometeram a minimizar os níveis de poluição dentre os anos de 2002 a 2012 (SOUZA, 2007).

Os países assinantes foram divididos em dois grupos, sendo os pertencentes ao Anexo I os que possuíam elevadas taxas de emissões de GEE, quando comparadas aos demais países, os quais também vinham desfrutando do crescimento econômico propiciado pelo uso dos combustíveis fósseis. E o grupo dos países fora do Anexo I, sendo este composto pelos países que encontravam-se ou encontram-se em processo de industrialização após a Segunda Guerra Mundial (DE OLIVEIRA, 2021).

O Protocolo definiu metas quanto as emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE, desta forma, cada país participante sabe a quantidade de gases que poderá emitir. Os países que emitirem menos do que o estipulado, obterão um crédito (o crédito de carbono), a partir deste crédito é possível realizar a comercialização com os países que estão emitindo além dos valores permitidos. Foi então criando uma espécie de troca, onde, a uma interação entre os vendedores de créditos excedentes e os compradores (BACEN, 2010).

Três mecanismos foram criados para auxiliar na flexibilização das emissões de GEE: o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, o Comércio de Emissões e a Implementação Conjunta (SENADO FEDERAL, 2004).

Contudo, o comércio de emissões é o instrumento que mais exemplifica o mercado de carbono previsto no Protocolo de Quioto, pois este, prevê um sistema de compra e venda global de emissões de carbono, tornando-o um *commodity*. As comercializações de créditos de carbono, eram acompanhadas pela Secretariado de Mudanças Climáticas da ONU (DE OLIVEIRA *apud* INTERPOL, 2013).

A BM&FBovespa (2007), apresentou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL como a comercialização de unidades de GEEs não emitidos ou “sequestrados” da atmosfera, realizado entre países em desenvolvimento e países industrializados, negociado no mercado mundial. Tal mecanismo, auxilia na redução das emissões dos GEEs globais, além de ser uma considerável alternativa para o desenvolvimento sustentável.

O MDL propõe que cada tonelada de CO<sub>2</sub> que não for emitido ou for “sequestrado” da atmosfera pode ser negociado (mercado de crédito de carbono) em mercado mundial, criando assim um atrativo financeiro para a redução dos GEEs (ALVES; DE OLIVEIRA; DE LAVOR LOPES, 2013).

### **2.1.2 Metas de Redução de Emissões (COP-15 em Copenhague)**

No ano de 2009, realizou-se a COP-15 em Copenhague, na Dinamarca, onde os países participante apresentaram metas de redução de emissões de GEEs, objetivando limitar em 2°C o aumento da temperatura terrestre (ANIS; CARDUCCI; RUVIARO, 2022).

De forma pioneira, o Brasil, apresentou a NAMAS – Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas, onde estabeleceu de forma voluntaria o compromisso de reduzir as emissões de GEEs nos setores agropecuários e energéticos (GURGEL *et al.*, 2019).

Na COP-15 o Brasil assumiu o compromisso com base na agricultura de baixo carbono, chamado Plano ABC, o qual possuía abrangência nacional. Dados apontam que o Plano ABC atingiu 182% da meta de mitigação para o Sistema de Plantio Direto – SPD, o qual contribuiu para a mitigação de 18,2 milhões de Mg CO<sub>2</sub>eq, sendo sua meta variava de 8 a 10 milhões de Mg CO<sub>2</sub>eq (GMACH *et al.*, 2018).

### **2.1.3 Acordo de Paris e a Iniciativa “4 por 1000” (COP-21 em Paris)**

Em 2015 na COP-21, 196 países assinaram o Acordo de Paris, concordando em reduzir o aquecimento global para menos de 2°C, preferencialmente para níveis pré-industriais. No mesmo ano, o jornalista especializado em ciência, Rafael Garcia, em matéria especial para a Revista Observatório do Clima, observou que já existem no mundo 15 países que tributam as emissões de dióxido de carbono, incluindo Japão, Portugal, Eslovênia, Reino Unido e África do Sul (GARCIA, 2015).

Durante a conferência, a França apresentou a iniciativa denominada “4 por 1000”, a qual visa oportunizar ações e pesquisas em níveis globais acerca do desenvolvimento de estratégias que visem o aumento do estoque de carbono no solo em 0,4% por ano (ANIS; CARDUCCI; RUVIARO, 2022). De acordo com Rumpel (2018), estudos comprovam que o aumentando o carbono no solo globalmente em 0,4% a cada ano, seria capaz de remover o equivalente as emissões oriundas de combustíveis fósseis da União Europeia.

Segundo o *The Conversation* (2016) áreas como o setor industrial e a agricultura, precisam migrar para tecnológica de baixo carbono, além de aplicar as melhores práticas disponíveis atualmente. Governos em todo o mundo estão investindo ou pensando em investir no mercado de crédito de carbono (MASLIN; LEWIS, 2021). A *Época Negócios* afirma que esse mercado pode chegar a 100 bilhões de dólares por ano até 2050. De acordo com Tim Adams, diretor-executivo do Instituto de Finanças Internacional – IFF, o mercado de carbono voluntário possui um elevado potencial de crescimento (ADAMS, 2021).

### **2.1.4 Regulamentação do Mercado de Carbono (COP-26 em Glasgow)**

Durante a COP-26 que ocorreu 2021, os países signatários finalmente acordaram as normas relacionadas ao Artigo 6° do Protocolo de Quioto, sobre o Mercado de Carbono, tornando assim efetivo o Acordo de Paris (COP-21) (UNFCCC Press, 2021).

Pontos que impossibilitavam a comercialização dos créditos de carbono, foram finalmente solucionados, tais como:

- Conclusão do EFT - Enhanced Transparency Framework – Estrutura de Transparência Aprimorada, determina normas de transparência e publicidade para a comercialização dos créditos (UNFCCC, 2021a);
- Permissão para a transferência de créditos obtidos através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL oriundos do Protocolo de Quioto, datados após 2013 (UNFCCC, 2021b);
- Os créditos gerados em conformidade com a política de Compartilhamento de Receitas (Acordo de Paris – Artigo 6.4), serão tarifados em 5%, receita a qual será encaminhada para o fundo criado para auxiliar os países em desenvolvimento no tocante de transições energéticas e medidas de mitigações climática (UNFCCC, 2021b).

### **2.1.5 O Mercado de Crédito de Carbono Voluntário**

De acordo com BM&FBovespa (2005) o mercado de crédito de carbono consiste em um ambiente de negociação financeira desenvolvido para realizar de forma ágil, confiável e transparente a comercialização (venda e compra) dos créditos gerados através de projetos de MDL. As negociações são realizadas via leilões web, e/ou agendamentos realizados pelas entidades interessadas, sejam elas públicas ou privadas, que possuam créditos aptos a comercialização no mercado. Cerca de 1 tonelada de CO<sub>2</sub>, condiz a um crédito de carbono. Por ano, aproximadamente 35,5 bilhões de CO<sub>2</sub> são lançados na atmosfera apenas pelas indústrias.

Para Zilber e Koga (2011) existem dois mercados de negociação de créditos de carbono: os mercados alinhados ao Protocolo de Quioto (mercado regulado) e os mercados voluntários. O primeiro diz respeito aos créditos que são viabilizados para o abatimento das metas de redução de emissões dos países que se comprometeram a seguir o Protocolo de Quioto. O segundo caso, trata-se de negociação ao abatimento de metas voluntárias estabelecidas por empresas e governos locais, mas que não pertencem ao Tratado.

Segundo Braga e Veiga (2010) essa forma de negociação oferece vantagens ao comprador, que economiza no financiamento do projeto MDL que por diversas vezes é mais viável que a alteração do seu processo produtivo; e ao vendedor, o qual

utiliza como fonte de recursos. Em menos de 10 anos, essa atividade até então inexistente, movimentou US\$ 118 bilhões em 2008.

Atualmente, o maior mercado de carbono conta com a participação de 27 países da União Europeia e parceiros comerciais (DE OLIVEIRA *et al.* EUROPEAN UNION, 2015), sendo este composto por práticas que incentivam o desenvolvimento sustentável, econômico e as reduções de emissões, tais como (DE OLIVEIRA, 2021):

- REDD+: mecanismo projetado para incentivos econômicos designados a países em desenvolvimento os quais possuem resultados positivos relacionados à redução das emissões oriundas do desmatamento e/ou degradação florestal, assim como por seu manejo sustentável de florestas (MMA, 2014);
- VCS: programa de certificação e padronização dos projetos que visam a redução das emissões de GEE, o qual possibilita confiabilidade aos projetos disponíveis para comercialização no mercado (VERRA, 2021);
- KFA Global Carbon ETF: fundo de investimentos da bolsa de Nova Iorque específica para créditos de carbono (SHRIKANTH, 2020);

### **2.1.6 O Mercado de Crédito de Carbono Regulado no Brasil**

De acordo com a legislação ambiental, o Poder Executivo Federal autoriza instituir programa de incentivo à conservação do meio ambiente, através de práticas que conciliem e fomentem a produção agropastoril e florestal, para a redução de impactos ambientais, visando o desenvolvimento sustentável. De certo modo, a legislação brasileira ainda é tímida em relação a comercialização de carbono, pois, encontra-se ainda muito restrita, abrangendo apenas o desenvolvimento equilibrado e a proteção ambiental.

Nesse sentido, as diretrizes das normas brasileiras sobre a comercialização dos créditos de carbono encontram-se regulamentada pelo Código Florestal, onde aduz o seguinte:

Art. 41 [...] III - incentivos para comercialização, inovação e aceleração das ações de recuperação, conservação e uso sustentável das florestas e demais formas de vegetação nativa, tais como: a)

participação preferencial nos programas de apoio à comercialização da produção agrícola; b) destinação de recursos para a pesquisa científica e tecnológica e a extensão rural relacionada à melhoria da qualidade ambiental. [...] § 4o As atividades de manutenção das Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de uso restrito são elegíveis para quaisquer pagamentos ou incentivos por serviços ambientais, configurando adicionalidade para fins de mercados nacionais e internacionais de reduções de emissões certificadas de gases de efeito estufa. (BRASIL, 2012)

Contudo, o Código Florestal não estabelece regulamentação específica sobre as formas de comercialização dos créditos de carbono, no que diz respeito ao mercado voluntário de carbono, através de iniciativa da empresa que possui o potencial para a realização do projeto de redução de emissão (ZILBER e KOGA, 2011).

A legislação que iniciou a implementação de mercado de carbono nacional foi a Lei Federal n. 12.187/2009, de 29 de dezembro de 2009 que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. O artigo 4º, inciso VIII visa estimular o desenvolvimento do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões – MBRE, o qual poderá ser operacionalizado em bolsa de mercadorias e futuros, bolsas de valores e entidades de balcão, sendo estas devidamente autorizadas pela Comissão de Valores Mobiliários - CVM, a qual ocorrerá a negociação em forma de títulos mobiliários de emissões de GEEs certificadas, de acordo com o artigo 9º da mesma Lei (BRASIL, 2009).

O Poder Executivo em consonância com a PNMC, estabelece que Planos de Mitigação e Adaptação às mudanças climáticas deveram ser implantados pelas áreas de geração e distribuição de energia, na indústria de transformação, transporte público urbano de cargas e passageiros, na mineração, na construção civil, nos serviços de saúde e também na agropecuária, visando atender as metas de redução de acordo com as especificidades de cada setor, por meio do MDL e das Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas – NAMAs (BRASIL, 2009).

Diante de tal cenário, o Estado de Rondônia instituiu a Política Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais – PGSA através da Lei n. 4.437/2018, de 17 de dezembro de 2018, a qual tem por objetivo garantir a redução das emissões

de GEEs e a mitigação e adaptação dos efeitos das mudanças climáticas, a qual será implementada através da proteção e ampliação dos sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa, através de práticas sustentáveis de uso do solo, reflorestamento, recomposição de áreas degradadas e ações que contribuam para a manutenção e o aumento do estoque de carbono, conforme mencionado no artigo 7º, inciso III. Em seu artigo 38º § 1º Os títulos referidos no caput poderão ser alienados em Bolsas de Valores, Mercadorias e de Futuros e Entidades administradoras de mercados de balcão organizado, autorizadas a funcionar pela Comissão de Valores Mobiliários - CVM, no Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões - MBRE ou em outros mercados nacionais ou internacionais que respeitem a legislação nacional e internacional em vigor (RONDÔNIA, 2018).

Recentemente entrou em vigência o Decreto nº 11.075/2022 o qual estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, determinado na Lei nº 12.187/2009 – Art. 11 e institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa – Sinare (BRASIL, 2022).

Atualmente encontra-se em tramitação no Congresso Nacional o Projeto de Lei nº 528/2021 a qual visa Regulamentar o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões – MBRE (BRASIL, 2021).

## 2.2 FIXAÇÃO DE CARBONO NO SOLO SOB O MANEJO CONSERVACIONISTA

Para Bayer (2011), o mínimo revolvimento do solo no sistema de plantio direto (PD) ou a sua baixa mobilização no cultivo acentuam a fixação do C no solo, devido as menores taxas de decomposição da MO.

Solos como os Latossolos, apresentam baixas taxas de decomposição de matéria orgânica (MO), além de sofrerem menos alterações durante o sistema de preparo do solo, se comparado a solos mais arenosos (BAYER *et al.* 2011). Em Latossolos ao qual realiza-se plantio convencional (PC) a taxa anual de decomposição pode chegar a cerca de 1,4% ( $k_2 = 0,014 \text{ ano}^{-1}$ ), enquanto em solo sob plantio direto (PD) a taxa diminui para 1,2% ( $k_2 = 0,012 \text{ ano}^{-1}$ ) (BAYER, 1996 *apud* BAYER, 2011, p. 58). Lovato *et al.* (2004), estimou que em Argissolos a perda de carbono orgânico total (COT) do solo, oriundo pela taxa de decomposição chega a  $0,0166 \text{ ano}^{-1}$  (1,6%) no solo em PD, e  $0,0314 \text{ ano}^{-1}$  (3,14%) no solo em PC.

A MO nos Latossolos, permanece associada aos minerais de óxido de Fe, estando menos vulnerável ao preparo do solo, devido à alta estabilidade química da ligação organomineral (Oades *et al.*, 1989), o que evidencia a diferença entre tais valores mencionados anteriormente, comprovando que o C pode estar mais protegido da ação de micro-organismos decompositores em alguns solos, do que em outros, variando de acordo com a composição química destes.

A proteção e fixação do C no solo, depende tanto das práticas de manejo adotadas, quanto das características do solo, como a estabilização química, recalitrância bioquímica além da proteção física (JASTROW & MILLER, 1998).

A agregação ou proteção física do C é o principal mecanismo para a fixação do mesmo através de sistemas conservacionistas em solo tropicais e subtropicais (SIX *et al.*, 2002b; CONCEIÇÃO *et al.*, 2008). Desta forma, o baixo revolvimento do solo em PD proporciona maior estabilidade de agregados (PIKUL *et al.*, 2007; NICOLOSO, 2009) o que contribui para a estabilização do C quando comparado com o sistema convencional (CHUNG *et al.*, 2008; NICOLOSO, 2009). Em climas temperados, a estruturação de agregados está diretamente relacionada ao aporte de resíduos vegetais no solo (SIX *et al.*, 2000a).

O acúmulo de C em solo de PD, pode ser obtido através da adoção de práticas como rotação de culturas, utilização de cultura com alto geração de palhada nas entressafras, adequada fertilização, incremento de N, melhor qualidade química do solo e estímulo ao crescimento das plantas com sistemas radiculares mais profundos, dentre outros (STEWART *et al.*, 2007).

### **2.2.1 Parâmetros e Indicadores Físicos, Químicos e Biológicos que Contribuem para a Qualidade do Solo**

O solo é um recurso natural considerado de extrema importância para a biosfera terrestre e promoção da qualidade ambiental. O interesse em medir sua qualidade vem sendo estimulado devido à crescente consciência de sua necessidade em desempenhar funções que afetam diretamente a produtividade de agropastoril, considerando que a exploração humana poderá modificar sua qualidade (ARAÚJO, 2012).



As propriedades medidas são consideradas como indicadores ou índices de qualidade do solo, conforme os atributos do solo analisado. Essa avaliação é importante para compreender os limites de cada solo, visando aplicar medidas para a recuperação da degradação sempre que necessário. Portanto, o objetivo da análise não deve se pautar apenas na produtividade agrícola ou pecuária, considerando que o uso excessivo e o manejo inadequado desse recurso poderá levar a degradação física, química e biológica (FREITAS, 2012).

Nesse sentido, torna-se fundamental que a avaliação seja realizada com intuito de atingir os melhores parâmetros de qualidade do solo, através de práticas agrônômicas sustentáveis e de acordo com sua viabilidade socioeconômica. Para isso, alguns indicadores da qualidade do solo devem ser observados, como estar associado aos processos do ecossistema através da integração entre propriedades e seus atributos físicos, químicos e biológicos, de maneira a ser sensível a variações do manejo e clima (LIMA, 2011).

Os principais solos brasileiros apresentam normalmente baixa fertilidade, alto teor de alumínio e acidez, tornando-os limitantes para o crescimento radicular em profundidade das principais culturas. Entretanto, estes solos são muito propícios para o uso agrícola e pecuário, devido sua boa permeabilidade, estrutura física e porosidade (BORSARI,2018).

A qualidade do solo pode ser monitorada, observando as propriedades físicas, químicas e biológicas, os quais são consideradas indicadores da qualidade dos solos. A avaliação conjunta destes indicadores, auxiliam na obtenção de soluções para os impactos gerados nos solos pelo manejo adotado, considerando assim suas relações (CONCHA LOZADA *apud* MULLER, 2021). Ainda para Muller (2021), indicadores físicos, tais como: textura, resistência do solo a penetração, porosidade e capacidade de infiltração, indicam a aptidão do solo. Já, os indicadores químicos estão diretamente relacionados aos nutrientes, como potássio, fósforo, magnésio, matéria orgânica, acidez, capacidade de troca iônica, entre outros, apontam a fertilidade. Estas análises são consideradas ferramentas de caracterização, as quais auxiliam na criação de estratégias de correção do uso e manejo do solo (MULLER, 2021).

Através dos atributos físicos são realizadas avaliações da qualidade estrutural de solos, considerando que as alterações físicas afetam diretamente o fluxo ou

concentração de água, oxigênio, dióxido de carbono, dentre outros nutrientes ou a falta deles, que podem limitar de maneira determinante o crescimento ou desenvolvimento das plantas. Portanto, indicadores que podem medir a densidade do solo ou retenção de água e sua porosidade são importantes para avaliar a qualidade do solo (LIMA, 2011).

Os indicadores biológicos estão associados à variedade de organismos que habitam no solo, assim como suas atividades. Pequenos insetos, protozoários, vertebrados, bactérias e fungos, auxiliam na decomposição da matéria orgânica, além de realizarem a mineralização dos compostos orgânicos, a aeração do solo, a ciclagem dos nutrientes, assim como contribuem para a infiltração de água no solo. (CONCHA LOZADA, 2015).

A estabilização do carbono recém-adicionado no solo pode ser realizado por vários mecanismos (LEFÈVRE, 2017 *apud* SIX *et al.*, 2002; SEIS *et al.*, 2006; JASTROW *et al.*, 2007; KANE, 2015). A estabilização do carbono pode ser realizada através do isolamento deste dentro de agregados do solo, sejam eles macros ou micros, onde o carbono permanece inacessível aos organismos decompositores. Outra forma de estabilização do carbono, consiste no poder de adsorção que as argilas possuem, via ligações químicas, que impossibilitam o consumo de carbono pelos organismos. O carbono também pode ser sintetizado as estruturas moleculares o que dificultam a sua decomposição. Tais mecanismos variam de acordo com os fatores bióticos, abióticos e de manejo do solo os quais apontam a eficácia de estabilização de carbono do solo (LEFÈVRE, 2017 *apud* SIX *et al.*, 2006; KANE, 2015).

### **2.2.2 Práticas Agrícolas Conservacionistas**

O crescimento da área destinada a agricultura e pecuária exigiu a transformação da área de florestas naturais, fazendo com que o uso da terra aumentasse os índices de GEE. A evolução tecnológica utilizada no sistema de produção de alimentos fez com que houvesse a expansão da fronteira agrícola, com o cultivo padronizado e simplificado de monocultura, diminuindo consideravelmente a biodiversidade. Uma das causas para essa degradação é o manejo inadequado do rebanho. Assim, define-se como degradação de pastagem a perda do vigor natural,

produtividade e até mesmo a capacidade de recuperação necessários para sustentar os níveis de produção exigidos pelos animais. Em relação a agricultura, as práticas inadequadas podem causar perda da produtividade, aumento de pragas e doenças, além da degradação do solo e meio ambiente. Tanto na lavoura temporária quanto as áreas de pastagens, o uso de boas práticas não costuma ser seguidos, contribuindo para a degradação do solo de tal maneira, que acaba refletindo diretamente na baixa produtividade e erosão elevada do solo (GOUVELLO, 2010).

A aplicação de práticas conservacionistas visa minimizar a degradação do solo, que muitas vezes pode chegar a níveis irreversíveis, inviabilizando assim a atividade agrícola e/ou pecuária. Desta forma, o emprego de manejos conscientes auxilia na prevenção de impactos no solo, é fundamental para manutenção da capacidade de produção do solo, assim como a preservação do meio ambiente. (MULLER, 2021)

Estudos apontam que os solos tropicais podem armazenar 2,5 vezes mais carbono do que a vegetação (BASTOS, 2021 *apud* BARROS; FERNANDES, 2016). Entretanto, as camadas mais superficiais do solo (0-20 cm), são mais sensíveis ao preparo/revolvimento do solo, sendo a parte mais importante para o estoque de carbono (BASTOS, 2021).

### **2.2.3 Integração Lavoura, Pecuária e Floresta – ILPF**

A integração lavoura-pecuária (ILP) vem proporcionando recíprocos benefícios, favorecendo para a redução das causas de degradação física, química e biológica, resultantes das práticas de exploração do solo (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003). Essa integração entre os componentes das florestas aos da lavoura e pastagens evoluiu para o conceito mais amplo, que engloba a integração entre lavoura, pecuária e floresta (ILPF), quando adota também a modalidade agrossilvipastoril, sendo capaz de criar possibilidades entre o espaço-temporal e os componentes agrícolas, pecuários e florestais, potencializando a produção e proporcionando melhor qualidade ambiental (BALBINO, 2012).

Ainda para Balbino (2012) os principais benefícios obtidos através da adoção do ILPF são: melhoria dos indicadores físicos, químicos e biológicos do solo, visto o aumento da matéria orgânica; diminuição das doenças e ervas daninhas; melhor conforto térmico e bem-estar animal, maior rendimento dos insumos, além da possibilidade de aplicação em grandes, medias e pequenas áreas agrícolas.

Além de atender as necessidades agrícolas, o sistema ILPF também auxilia na conservação dos solos, recuperação de florestas de forma ordenada, recomposição de microbacias, além da manutenção da biodiversidade (NICODEMO *et al.*, 2004).

Segundo Carvalho *et al.* (2008) dentre as estratégias para a redução dos GEEs, destaca-se a redução do uso de combustíveis fósseis; redução do desmatamento e queimadas; manejo consciente do solo e aperfeiçoamento do sequestro de carbono no solo. No tocante, manejo adequado e sequestro de carbono, a adoção de práticas conservacionistas são indispensáveis.

Nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é possível constatar um aumento do carbono orgânico (C) armazenado nos solos devido aos sistemas agroflorestais (SILVA, 2018 *apud* PANETTIERI *et al.*, 2017).

#### **2.2.4 Sistema de Plantio Direto – SPD e Rotação de Cultura**

O termo Plantio Direto na Palha (PD) consiste no plantio diretamente no solo não revolvido e com a superfície do solo sempre recoberta com palha orgânica (resíduos de vegetação da cultura anterior) (CARDOSO, 1997).

O sistema plantio direto (SPD) é considerado manejo conservacionista, pois engloba técnicas que visam o aumento da produtividade, conservando continuamente o meio ambiente, pois este possui três premissas básicas, tais como: não perturbação do solo, formação de palhada e rotação de culturas (CARVALHO; DE FREITAS, 2008).

O SPD é uma atividade que possui a capacidade de sequestrar carbono no solo. Com o pouco revolvimento de solo, sendo apenas na linha de plantio, a quantidade dos resíduos culturais anteriores, ali depositados pelas culturas envolvidas no sistema de rotação de cultura favorecem o aporte de C através da proteção física da matéria orgânica, variando também de acordo com as condições climáticas e do tipo de solo (SIQUEIRA NETO *et al.*, 2009). Ainda para Siqueira Neto *et al* (2009) o tempo de adoção do sistema de plantio direto e a rotação de diferentes culturas alteram a quantidade de C nos perfis do solo de forma significativa.

A utilização de gramíneas junto com outras espécies, como leguminosas, no início do sistema é ideal, pois pode acumular mais matéria orgânica do solo, equilibrar,

reduzir a fixação de nitrogênio microbiano, promover a liberação de nutrientes para as plantas e melhorar o solo. (AMADO *et al.*, 1999).

Essa prática de cobertura do solo é importante para os sistemas de plantio direto, pois a palhada gerada a partir das plantas como o milho por exemplo, possui raízes muito profundas, o que auxilia na reciclagem e reestruturação do solo. As *Brachiarias* também são eficientes na formação de palha, sendo promissora para sistemas de plantio direto. A *Brachiaria* é caracterizada por excelente adaptação a solos menos férteis, facilidade de estabelecimento e significativa produção de biomassa durante todo o ano que fornece excelente cobertura do solo. Acredita-se que essa qualidade que confere ao solo faz a diferença nas culturas que crescem após sua presença. Isso porque as raízes dos plantios se desenvolvem melhor em solos preparados com braquiária, com isso, exploram melhor o perfil do solo (TEXEIRA NETO; CARVALHO, 2016).

Segundo Espíndola *et al.*, (1997), a biomassa da pastagem apresenta elevada relação C/N, levando a uma lenta e gradual decomposição da matéria orgânica, resultando em maiores efeitos de floculação no solo. Através da absorção de macro e micronutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, boro e molibdênio, bem como da reciclagem de nutrientes fornecidos pela decomposição de massas vegetais presentes na cobertura do solo.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 TIPO DE ESTUDO**

A metodologia consiste no campo onde se busca os melhores métodos lógicos e científicos praticados em determinada área para atingir a produção do conhecimento no decorrer da construção do trabalho científico, onde a principal vantagem de adotar o método de pesquisa bibliográfico reside em permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla que aquela que poderia pesquisar diretamente. Essa vantagem se torna importante quando o contexto da pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço, pois, em muitas situações, não há como se conhecer os fatos senão com base em fatos secundários (GIL, 2010).

Desta forma, a presente pesquisa buscou desenvolver aspectos metodológicos de pesquisa bibliográfica através de livros e artigos científicos, atos jurídicos e leis, bem como pesquisa exploratória, as quais realizou-se análise de campo. Portanto, o estudo visa comparar os dados obtidos com a bibliografia existente acerca do assunto para compreender suas causas e relações.

### 3.2 ÁREA DE ESTUDO

A área objeto do estudo está localizada no município de Rio Crespo ao norte do Rondônia. O município está a aproximadamente 198km da capital Porto Velho, possui cerca de 3.843 habitantes com densidade demográfica de 1,93hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2021). O clima de Rondônia é tropical quente e úmido, com precipitação média anual de 1.00-2.600 mm, com chuvas intensas de outubro a abril e os meses de junho-agosto abaixo de 50 mm por mês. A temperatura média do ar é superior a 18°C nos meses mais frios e 35°C nos meses mais quentes, com uma temperatura média total de 26°C. A umidade relativa varia de 80% no verão a aproximadamente 75% no outono e inverno (SEDAM, 2012).

O relevo é suavemente ondulado, abrangendo 94 % da área entre 100 e 600 metros acima do nível do mar, a economia é baseada na pecuária de corte e leite, agricultura (café, soja, milho, arroz, feijão, mandioca, cacau) e extrativismo, madeira, minerais e borracha (SEDAM, 2012).

Os solos de Rondônia são os predominantemente Latossolos, ocupando área em torno de 58%, variando entre Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo. Os Argissolos e Neossolos ocupam 11% do território cada um deles, os Cambissolos ocupam 10 % e os Gleissolos ocupam 9%. As demais classes de solos ocupam o restante da área (1%) (SCHLINDWEIN *et al*, 2012).

Estudo de aptidão de uso do solo de Rondônia publicado no Atlas Ambiental (SEDAM 2012) revela que 59% da área possui solo apto para cultivo em diferentes níveis de utilização (Figura .5). As classes de uso agrícola são 1, 2 e 3. A aptidão para pastagem agrícola é de 16% da área da classe. As pastagens originais, por outro lado, têm potencial para serem utilizadas na classe 5, que constituem 5% área regional. As áreas correspondentes à categoria 6, destinadas a armazenamento permanente, constituem uma área de 20% (SCHLINDWEIN *et al*, 2012).

O solo da área em estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de acordo com o RIGeo (ADAMY, 2010).

### **3.2.1 Da coleta de dados**

O presente estudo foi desenvolvido através de levantamento bibliográfico, fundamentado na obra de diversos autores, como GAMA (2015), MACHADO (2015), SILVA (2020); ZILVER; KOGA (2011), entre outros; atrelado a pesquisa experimental que serviram para analisar e descrever os procedimentos necessários para o referencial teórico, a fim de cumprir o proposto objetivo e análise das ideias descritivas e fundamentadas.

Para caracterização físico-químico do solo, foram realizadas coletas em campo experimental localizado na Fazenda Santa Helena (10° 25' 37" S e 63° 9' 48" W), como estudo inicial do Programa Pro-Carbono fomentado por entidade multinacional, o qual terá duração de 3 anos (2021-2024), sendo a propriedade objeto desta pesquisa uma das participantes dentre tantas espalhadas pelo Brasil, tal programa tem por objetivo analisar o potencial dos solos brasileiros em fixar carbono.

### **3.2.2 Da análise dos dados**

As respectivas coletas foram realizadas em 11 de outubro de 2021, pela idealizadora do programa, e posteriormente entregue aos proprietários os resultados, visando a compreensão do atual cenário do solo objeto do programa. Foram analisados parâmetros Carbono Orgânico Total (COT); Matéria Orgânica (MO); pH; Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Ferro (Fe); Enxofre (S); Boro (B); Cobre (Cu); Manganês (Mn); Zinco (Zn); a quantificação do percentual de argila; silte e Areia Total; e a mensuração da capacidade de troca de cátions (CTC), entretanto para a discussões desta pesquisa, foram utilizados apenas os dados de Carbono Orgânico e Matéria Orgânica.

A metodologia utilizada para coleta do solo consiste na utilização de sonda hidráulica, que retira o solo de acordo com a profundidade desejada e posteriormente armazenado em recipientes plásticos e encaminhado ao laboratório para análise dos parâmetro desejados.

A metodologia utilizada para obtenção desta análise foram:

- pH em CaCl<sub>2</sub> e água;
- B em água quente;
- Cálculo: K na CTC, m%, V%, Ca na CTC, Mg na CTC,
- Extração de micronutrientes em solo com solução de DTPA : Zn, Cu, Fe, Mn;
- Fosfato de Cálcio: S;
- KCl: pH KCl, Al<sup>3+</sup> ;
- Extrator Mehlich: P (m);
- Espectroscopia no infravermelho próximo - NIR: Areia Total, C.O.T.n (CHN), M.O.n, Nn (CHN), Cor, Argila, Silte ;
- Extrator Resina: Ca, P (r), K, Mg;
- SMP: pH SMP.

O Programa Pro-Carbono terá duração de três anos, aos quais serão realizadas coletas e análises de solos periódicas, além do acompanhamento técnico e apresentação de métodos de manejo adequados a propriedade em questão, visando ao término deste período, quantificar o aumento do aporte de C no respectivo solo, comprovando que o manejo consciente e as técnicas adequadas auxiliam no sequestro e fixação do C no solo.

Tal análise foi cedida pelos proprietários da respectiva fazenda para a realização desta pesquisa, a qual visa compreender a relação do manejo agrícola sustentável e o aporte de C no solo, a importância do emprego de técnicas conservacionista para o sequestro e fixação do C no solo e o momento atual e a perspectivas futuras do mercado de carbono (Tabela 01).



Tabela 01 – Resultados Analíticos do solo estudado.

Latitude	Longitude	Ponto	Profundidade	Densidade [g/cm <sup>3</sup> ]	C.O.T. <sup>n</sup> (CHN) [%]	N <sup>n</sup> (CHN) [%]	P (m) [mg/dm <sup>3</sup> ]	P (r) [mg/dm <sup>3</sup> ]	M.O. <sup>n</sup> [g/dm <sup>3</sup> ]	pH CaCl2
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 20 cm	1,12	0,61	0,065	4,6	20	18	4,9
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 10 cm	1,17	0,627	0,077	6,4	27	20	5
-9,57222892	-62,83743024	1	10 a 20 cm	1,06	0,586	0,051	2,7	13	16	4,7
-9,57222892	-62,83743024	1	20 a 30 cm	0,94	0,671	0,109	1,8	4	11	4,4
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 20 cm	1	0,71	0,02	2,7	13	19	4,6
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 10 cm	0,98	0,701	0,022	3,6	17	22	4,9
-9,57433422	-62,83690453	2	10 a 20 cm	1,01	0,716	0,022	1,7	9	16	4,2
-9,57433422	-62,83690453	2	20 a 30 cm	1,09	0,72	0,022	1,1	6	15	4,1
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 20 cm	1,47	0,685	0,02	4,4	13	17	4,3
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 10 cm	1,46	0,697	0,022	6,8	19	22	4,6
-9,58034326	-62,83613205	3	10 a 20 cm	1,48	0,67	0,023	1,9	7	12	4
-9,58034326	-62,83613205	3	20 a 30 cm	1,25	0,66	0,023	0,9	4	9	4,1
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 20 cm	1,18	0,685	0,025	4,7	15	22	4,6
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 10 cm	1,15	0,698	0,027	7,5	22	28	4,8
-9,57773019	-62,83673286	4	10 a 20 cm	1,21	0,67	0,022	1,8	7	16	4,4
-9,57773019	-62,83673286	4	20 a 30 cm	1,22	0,657	0,022	1,5	6	13	4,2

Continua...

Latitude	Longitude	Ponto	Profundidade	pH Água	pH SMP	pH KCl	K [mmolc/dm <sup>3</sup> ]	Ca [mmolc/dm <sup>3</sup> ]	Mg [mmolc/dm <sup>3</sup> ]	Na [mmolc/dm <sup>3</sup> ]
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 20 cm	5,5	6,15	4,7	2	24	14	0,2
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 10 cm	5,7	6,2	4,9	2,9	28	16	0,1
-9,57222892	-62,83743024	1	10 a 20 cm	5,3	6,09	4,5	1	19	11	0,2
-9,57222892	-62,83743024	1	20 a 30 cm	5,1	6,05	4,2	0,5	7	6	0,1
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 20 cm	5,3	5,98	4,4	2,3	20	14	0,1
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 10 cm	5,7	6,23	4,7	2,1	29	18	0,1
-9,57433422	-62,83690453	2	10 a 20 cm	4,8	5,72	4	2,4	10	10	0,1
-9,57433422	-62,83690453	2	20 a 30 cm	4,7	5,79	4,2	0,4	8	6	0,1
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 20 cm	5	5,95	4,3	1,7	14	6	0,1
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 10 cm	5,4	6,15	4,4	2,1	21	5	0,1
-9,58034326	-62,83613205	3	10 a 20 cm	4,6	5,75	4,1	1,3	7	7	0,1
-9,58034326	-62,83613205	3	20 a 30 cm	4,6	5,98	4	0,4	5	4	0,1
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 20 cm	5,3	6,15	4,5	2,8	23	15	0,1
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 10 cm	5,4	6,21	4,7	3,9	32	18	0,1
-9,57773019	-62,83673286	4	10 a 20 cm	5,1	6,09	4,2	1,7	14	11	0,1
-9,57773019	-62,83673286	4	20 a 30 cm	4,9	6,02	4,2	0,9	8	7	0,1

Continua...

Latitude	Longitude	Ponto	Profundidade	H <sup>+</sup> + Al <sup>3</sup> [mmolc/dm <sup>3</sup> ]	Al <sup>3</sup> [mmolc/dm <sup>3</sup> ]	C.T.C. [mmolc/dm <sup>3</sup> ]	S.B. [mmolc/dm <sup>3</sup> ]	V% [%]	m% [%]	S [mg/dm <sup>3</sup> ]
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 20 cm	36	0	75,1	39,1	52	0	14
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 10 cm	34	0	81	47	58	0	9
-9,57222892	-62,83743024	1	10 a 20 cm	38	0	69,2	31,2	45	0	19
-9,57222892	-62,83743024	1	20 a 30 cm	40	0	53,6	13,6	25	0	38
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 20 cm	45	2	80,9	35,9	44	4	16
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 10 cm	33	0	82,2	49,2	60	0	9
-9,57433422	-62,83690453	2	10 a 20 cm	57	3	79,5	22,5	28	11,76	22
-9,57433422	-62,83690453	2	20 a 30 cm	53	2	67,5	14,5	21	12,12	26
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 20 cm	46	2	67,3	21,8	32	6,4	15
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 10 cm	36	0	64,2	28,2	44	0	8
-9,58034326	-62,83613205	3	10 a 20 cm	55	3	70,4	15,4	22	16,3	22
-9,58034326	-62,83613205	3	20 a 30 cm	43	3	52,5	9,5	18	24	22
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 20 cm	36	1	76,4	40,4	53	2,4	8
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 10 cm	34	0	88	54	61	0	8
-9,57773019	-62,83673286	4	10 a 20 cm	38	2	64,8	26,8	41	6,94	8
-9,57773019	-62,83673286	4	20 a 30 cm	41	2	57	16	28	11,11	13

Continua...

Latitude	Longitude	Ponto	Profundidade	B [mg/dm <sup>3</sup> ]	Cu [mg/dm <sup>3</sup> ]	Fe [mg/dm <sup>3</sup> ]	Mn [mg/dm <sup>3</sup> ]	Zn [mg/dm <sup>3</sup> ]	K na CTC [%]	Ca na CTC [%]
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 20 cm	0,22	0,4	45	2,7	0,7	2,6	31,3
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 10 cm	0,39	0,3	52	3,6	0,8	3,6	34,6
-9,57222892	-62,83743024	1	10 a 20 cm	0,05	0,4	37	1,8	0,5	1,4	27,5
-9,57222892	-62,83743024	1	20 a 30 cm	0,02	0	14	0,2	0,1	0,9	13,1
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 20 cm	0,44	0,3	110	1,9	0,5	2,8	24,1
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 10 cm	0,41	0,3	95	3,1	0,6	2,6	35,3
-9,57433422	-62,83690453	2	10 a 20 cm	0,47	0,2	124	0,7	0,3	3	12,6
-9,57433422	-62,83690453	2	20 a 30 cm	0,35	0,1	64	0,5	0,2	0,6	11,9
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 20 cm	0,44	0,1	191	2	0,5	2,5	20,8
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 10 cm	0,5	0,2	226	3,2	0,7	3,3	32,7
-9,58034326	-62,83613205	3	10 a 20 cm	0,38	0	156	0,7	0,3	1,8	9,9
-9,58034326	-62,83613205	3	20 a 30 cm	0,31	0	60	0,3	0,1	0,8	9,5
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 20 cm	0,32	0,4	155	3,7	1,2	3,7	30,1
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 10 cm	0,47	0,5	157	6,1	2	4,4	36,4
-9,57773019	-62,83673286	4	10 a 20 cm	0,16	0,2	152	1,3	0,3	2,6	21,6
-9,57773019	-62,83673286	4	20 a 30 cm	0,11	0,1	90	0,7	0,3	1,6	14

Continua...

Latitude	Longitude	Ponto	Profundidade	Mg na CTC [%]	Al na CTC [%]	Ca/Mg	Argila <sup>n</sup> [g/kg]	Silte <sup>n</sup> [g/kg]	Areia Total <sup>n</sup> [g/kg]
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 20 cm	18	0	1,7	464	194	344
-9,57222892	-62,83743024	1	0 a 10 cm	19,8	0	1,8	501	182	318
-9,57222892	-62,83743024	1	10 a 20 cm	15,9	0	1,7	426	205	369
-9,57222892	-62,83743024	1	20 a 30 cm	11,2	0	1,2	593	160	246
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 20 cm	17,3	1,9	1,4	530	190	281
-9,57433422	-62,83690453	2	0 a 10 cm	21,9	0	1,6	533	185	282
-9,57433422	-62,83690453	2	10 a 20 cm	12,6	3,8	1	526	194	280
-9,57433422	-62,83690453	2	20 a 30 cm	8,9	3	1,3	574	194	233
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 20 cm	8,9	2,2	2,3	331	168	502
-9,58034326	-62,83613205	3	0 a 10 cm	7,8	0	4,2	323	158	518
-9,58034326	-62,83613205	3	10 a 20 cm	9,9	4,3	1	338	177	486
-9,58034326	-62,83613205	3	20 a 30 cm	7,6	5,7	1,3	402	166	432
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 20 cm	19	1,3	1,6	425	213	362
-9,57773019	-62,83673286	4	0 a 10 cm	20,5	0	1,8	408	230	362
-9,57773019	-62,83673286	4	10 a 20 cm	17	3,1	1,3	441	196	362
-9,57773019	-62,83673286	4	20 a 30 cm	12,3	3,5	1,1	679	11	310

Fonte: ProCarbono Bayer, 2021

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA

### 4.1 RESULTADOS ANALÍTICOS

Os resultados analíticos da área objeto deste trabalho, apontam que os maiores teores de COT encontram-se em perfis de solo mais superficiais (0 a 20cm), os quais também possuem maiores quantidade de MO e CTC (Tabela 02).

Tabela 02 – Análise do Carbono Orgânico Total; CTC; Matéria Orgânica do solo estudado.

RESULTADOS ANALÍTICOS – PRO CARBONO					
PROFUNDIDADE	PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4
0 a 10 cm	COT (%)	0,530	0,390	0,250	<b>1,050</b>
	CTC (mmol/dm-3)	81,0	82,2	64,2	88,0
	MO (g/dm <sup>3</sup> )	20	22	22	<b>28</b>
10 a 20 cm	COT (%)	<b>0,810</b>	0,460	0,380	0,250
	CTC (mmol/dm-3)	69,2	79,5	70,4	64,8
	MO (g/dm <sup>3</sup> )	<b>16</b>	16	12	16
20 a 30 cm	COT (%)	0,420	<b>0,500</b>	0,250	0,330
	CTC (mmol/dm-3)	53,6	67,5	52,5	57,0
	MO (g/dm <sup>3</sup> )	11	<b>15</b>	9	13

Fonte: ProCarbono Bayer, 2021

Vale salientar, que a área objeto do estudo está sob o SPD a apenas 2 anos realizando rotações entre soja e milho consorciado com gramínea. Anteriormente, tal solo era explorado pela pecuária convencional.

De acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999), solos com Matéria Orgânica variando entre 2 a 4%, são classificados como solos com teores médios de MO, estando o solo em estudo variando entre 2 a 2,8% nas camadas mais superficiais.

A EMBRAPA – Soja (2013) apresenta níveis de alguns componentes do solo, para auxiliar na interpretação de resultados de análises químicas, das quais destacam-se os níveis de matéria orgânica – MO, tal classificação é dividida em três níveis – Baixo, Médio e Alto – levando em conta a CTC do solo, conforme a tabela 03.

Tabela 03 – Níveis de alguns componentes do solo para efeito da interpretação de resultados de análise química do solo.

Níveis	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	C	M.O.	Saturação na CTC			Relações		
						Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						----- g dm <sup>-3</sup> -----					
----- Solos com CTC <8 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> (2) -----											
<b>Baixo</b>	<0,02	<1	<0,4	<8	<15	<26	<13	<3	<1	<10	<5
<b>Médio</b>	0,02-1,5	1-2	0,4-0,8	8-14	15-25	26-34	13-18	3-5	1-2	10-20	5-10
<b>Alto</b>	>1,5	>2	>0,8	>14	>25	>34	>18	>5	>2	>20	>10
----- Solos com CTC ≥8 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> (3) -----											
<b>Baixo</b>	<0,02	<2	<0,4	<8	<15	<35	<13	<3	<1,5	<8	<3
<b>Médio</b>	0,02-1,5	2-4	0,4-0,8	8-14	15-25	35-50	13-20	3-5	1,5-3,5	8-16	3-6
<b>Alto</b>	>1,5	>4	>0,8	>14	>25	>50	>20	>5	>3,5	>16	>6

Fonte: Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014. – Londrina: Embrapa Soja, 2013.

Comparando os valores obtidos na análise de solo da área em estudo, como os níveis apresentados pela EMBRAPA – Soja (2013), verifica-se que o **Ponto 01** encontra-se com nível médio de MO nas profundidades 0 a 10cm e 10 a 20cm, apresentando teores de 20g/dm<sup>3</sup> e 16g/dm<sup>3</sup> respectivamente. O **Ponto 02** também apresenta nível médio de MO, porém em todas as profundidades amostradas (0 a 10cm; 10 a 20cm e 20 a 30cm), possuindo teores de MO entre 15g/dm<sup>3</sup> e 22g/dm<sup>3</sup>. Analisando os valores do **Ponto 03**, constatamos que apenas a amostra superficial de 0 a 10cm encontra-se com nível aceitável (médio) de MO, estando as outras duas amostras (10 a 20cm e 20 a 30cm) com níveis baixos de MO, sendo estes, entre 9g/dm<sup>3</sup> e 12g/dm<sup>3</sup>. Por fim, o **Ponto 4** foi o que mais se destacou no quesito quantidade de MO, possuindo em sua camada superficial (0 a 10cm) um montante de 28g/dm<sup>3</sup> de MO sendo classificado como nível alto.

Observa-se que quanto maior a profundidade do solo, menor é a quantidade de aporte de MO, estando mais presente nas camadas mais superficiais do solo estudado.

Quanto a interpretação dos teores de carbono orgânico – CO, realizou-se comparativo com a classificação apresentada por Alvarez (1999), o qual categoriza os teores de diversas características do solo, em Muito baixo; Baixo; Médio; Bom e Muito bom, conforme tabela 04.

Ressalta-se que Alvarez (1999) utilizou para a mensuração dos níveis de CO o Método Walkley & Black (C.O., em dag/kg = % (m/m)).

Tabela 04 – Classes de interpretação de fertilidade do solo

Característica	Unidade <sup>1/</sup>	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio <sup>2/</sup>	Bom	Muito bom
Carbono orgânico (C.O.) <sup>3/</sup>	dag/kg	≤ 0,40	0,41 - 1,16	1,17 - 2,32	2,33 - 4,06	> 4,06
Matéria orgânica (M.O.) <sup>3/</sup>	dag/kg	≤ 0,70	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,00	> 7,00
Cálcio trocável (Ca <sup>2+</sup> ) <sup>4/</sup>	cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,40	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg <sup>2+</sup> ) <sup>4/</sup>	cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al <sup>3+</sup> ) <sup>4/</sup>	cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 1,00	1,01 - 2,00 <sup>11/</sup>	> 2,00 <sup>11/</sup>
Soma de bases (SB) <sup>5/</sup>	cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,60	0,61 - 1,80	1,81 - 3,60	3,61 - 6,00	> 6,00
Acidez potencial (H+Al) <sup>6/</sup>	cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 1,00	1,01 - 2,50	2,51 - 5,00	5,01 - 9,00 <sup>11/</sup>	> 9,00 <sup>11/</sup>
CTC efetiva (t) <sup>7/</sup>	cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,80	0,81 - 2,30	2,31 - 4,60	4,61 - 8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T) <sup>8/</sup>	cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 1,60	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61 - 15,00	> 15,00
Saturação por Al (m) <sup>9/</sup>	%	≤ 15,0	15,1 - 30,0	30,1 - 50,0	50,1 - 75,0 <sup>11/</sup>	> 75,00 <sup>11/</sup>
Saturação por bases (V) <sup>10/</sup>	%	≤ 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0	> 80,00

Fonte: ALVAREZ V. *et al.* (1999).

A amostra do **Ponto 01**, aponta níveis de 0,420% a 0,810% estando a maior concentração de COT entre 10 e 20cm de profundidade, quando comparado com os teores apresentados na tabela 03, verificamos que o carbono alocado neste ponto encontra-se em nível baixo. Podemos verificar que no **Ponto 02** a concentração de CO varia de 0,390% a 0,500%, variando de muito baixo a baixo. O **Ponto 03**, apresenta valores muito baixo de CO presentes em todas as profundidades, estando os teores entre 0,250% a 0,380% sendo o ponto com menor concentração de toda a área analisada. Já o **Ponto 04**, enquadra-se como classificação baixa, porém estando bem próxima da classificação média, apresentado teor de 1,050% de CO.

A partir de tais comparativos, verificou-se que os níveis de MO e CO da área estudada, ainda estão muito baixos, entretanto, tais teores podem se tornarem mais



expressivos a partir da aplicação de boa prática agrícolas e o manejo consciente do solo.

#### 4.2 PROPOSTA DE TÉCNICAS DE MANEJOS DO SOLO

Estudo experimental realizado entre 2012 a 2017 (6 anos) na Fundação Bahia, no município de Luís Eduardo Magalhães, Bahia avaliou a capacidade que diferentes sistemas de produção (soja, milho e algodão) como SPD e PC possuem de sequestrar C, quando comparado ao potencial dos solos agrícolas do Cerrado. De acordo com o estudo, a quantidade de C estocado foi maior em camadas superficiais dos solos avaliados, pois nessas camadas há maior deposição de restos culturais, principalmente nos SPD, pois o não revolvimento do solo intensificou a formação de biomassa decorrente dos cultivos vegetais. Tal estudo comprovou que os primeiros 10cm de profundidade, correspondem à camada onde houve maior acúmulo de C, a partir de tal informação foi possível constatar que o SPD possui uma capacidade 33% maior de acumular C, se comparado com o PC (BOGIANI, 2020). Compreende-se que os restos vegetais oriundo de cultura de importância econômica ou de culturas de cobertura podem aumentar, a quantidade de MO em solos de PD, podendo ser responsável por 88% da CTC dos solos do Cerrado (EMBRAPA, 2020).

Em resumo, tal experimento identificou que o SPD, independente da rotação de culturas utilizada, apresenta aumento na quantidade de carbono acumulado, se comparado aos obtidos nos monocultivos sob PC. A lavoura sob SPD sequestrou 31% a mais de C em relação ao PC (Figura 01).

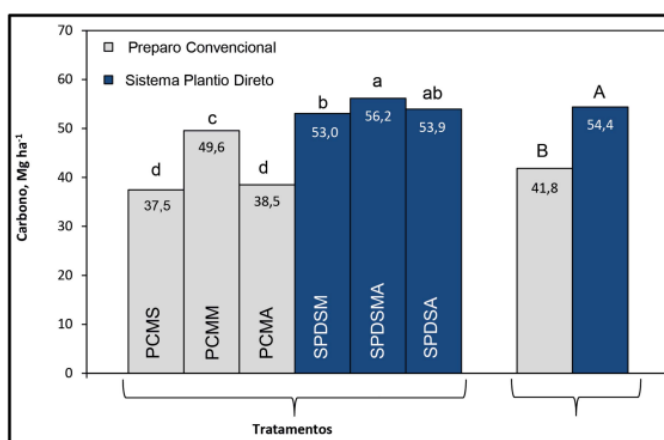


Figura 01: Quantidade acumulada de carbono, estocado no solo até uma profundidade de 40cm.  
Fonte: Embrapa Territorial, 2020

Machado (2005) avaliou o estoque de carbono de solos do Rio Grande do Sul que possuíam 13 anos de PC ou PD, e constatou, que o estoque de C dos solos sob SPD eram 8,5% maiores que os estoques dos solos PC. Desta forma, evidencia-se a eficácia do SPD no tocante ao acúmulo de carbono no solo. Tal estudo, demonstra a capacidade que os solos agrícolas possuem em sequestrar carbono, principalmente em camadas superficiais (0 a 20cm) com acréscimos de 5,2 a 8,5 mgCha<sup>-1</sup> a mais que os solos com preparos convencionais.

A Figura 02, demonstra a quantidade de Carbono Orgânico no solo de acordo com diversos usos do solo abordados no estudo de Machado (2005).

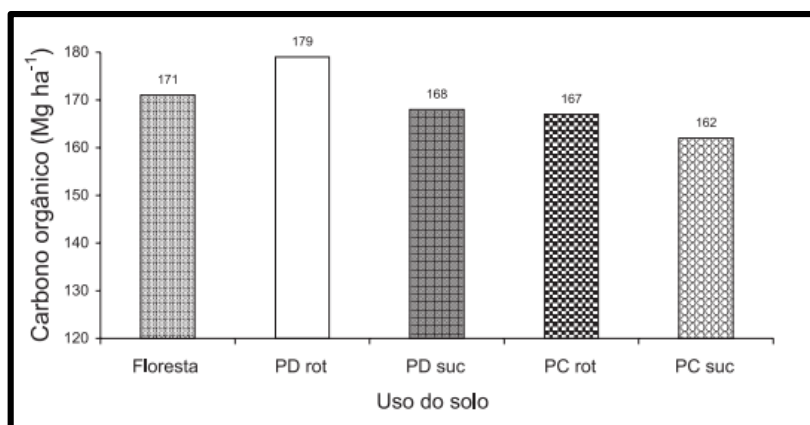


Figura 02: Estoque de Carbono a 100cm de profundidade  
Fonte: MACHADO, 2005

Experimento realizado na Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR (campus Rolim de Moura) entre agosto de 2017 a julho de 2018, avaliou as influências dos sistemas de manejo acerca da fixação do carbono em solos predominantemente Latossolos Vermelho – Amarelo distrófico. Foram avaliadas diferentes técnicas de manejo do solo, tais como: PRT – preparo tradicional (com revolvimento por gradagens), PRA – preparo alternativo (subsolagem e grade niveladora), PDA – plantio direto alternativo (subsolagem a cada quatro anos) e PDC – plantio direto contínuo (sem revolvimento) e área de mata nativa – MN. Observou-se que os tipos de manejo se diferenciam estatisticamente, onde o manejo PRA se sobressaiu quando comparados aos demais manejos, até mesmo da média apresentada pela área de MN, a qual foi a segunda maior média. O PDC foi a menor média de carbono do experimento, conforme figura 03 (DA SILVA VIEIRA *et al.* 2019).

MANEJO	CARBONO ORGÂNICO DO SOLO (COS) (g.Kg <sup>-1</sup> solo)
PDC	12.67933 c
PRT	16.17290 c
PDA	14.16009 c
PRA	30.55360 a
MN	20.73783 b

Figura 03: Carbono orgânico no solo em Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo.

Fonte: DA SILVA VIEIRA (2019)

De acordo com Da Silva Vieira *et al.* (2019), as práticas conservacionistas são importantíssimas para a preservação e acúmulo de carbono no solo, sendo o PD a principal prática adotada atualmente, contudo para a obtenção de valores maiores de carbono no solo oriunda da aplicação de tal prática só será possível após anos de implantação e manutenção.

Conforme Rossetti & Centurion (2015) o teor de C no PD para o tradicional poderá variar de acordo com o tempo da implantação do PD, ou seja, quanto mais novo for a área de PD menor será o teor de C no solo, e quanto maior for o tempo de implantação do PD maior será seu teor de C em relação ao tradicional.

A área objeto deste estudo está sob o sistema de plantio direto há 2 anos, entretanto, acredita-se que os solos amazônicos possuem grande capacidade de acúmulo C a partir do emprego de técnicas conservacionista, que visam o uso consciente do solo e seus nutrientes. O baixo revolvimento do solo, geração de palhada e rotação de culturas são técnicas que comprovadamente podem contribuir para a fixação do C no solo.

Desta forma, propõe-se que a área estudada permaneça sob o SPD de forma a ampliar o estoque de carbono no solo, realizando o plantio de espécies leguminosas como por exemplo a soja, na primeira safra que vai de outubro a março, e na segunda safra que ocorre de fevereiro a julho, implantar sistema de rotação de cultura com o plantio de milho consorciado com *brachiarias*, tais cultivos além de grande valoração econômica para a região, auxiliaram na formação de palhada no solo, o que consequentemente contribuirá para o aporte de carbono no solo. Visando o monitoramento da quantidade e qualidade do carbono sequestrado e fixado no solo,

se faz necessário o acompanhamento periódico realizado por profissional habilitado, além da realização frequente de análises de solo afim de verificar os atributos que contribuem para a fixação e estabilização do C no solo.

Ressalta-se que o Projeto ao qual a área estuda é participante (PRO-CARBONO), terá duração total de 4 anos (2021 a 2024) onde serão realizadas análises de solo, além de recomendações agrônômicas quanto as técnicas de manejo que visam auxiliar na fixação do C no solo. Ao término do projeto, espera-se que a aplicação de técnicas como o SPD (conservacionistas) possam ter contribuído significativamente para o aumento do estoque no solo.

#### 4.3 PROPOSTA DE COMERCIALIZAÇÃO DO CARBONO FIXADO NO SOLO

Empresas internacionais como a *Climate Action Reserve e Volunteer Carbon Standard – VERRA* e programas como *Gold Standard Climate Security & Sustainable Development – GS* desenvolveram metodologias inovadoras para monitorar, quantificar e verificar as reduções de GEEs, mensurando a real geração de créditos de carbono, de forma transparente e rigorosa, para a posterior comercialização. Empresas como a VERRA seguem padrões VCS, os quais estabelecem regras e requisitos que todos os projetos devem seguir para serem certificados, e poderem receber os créditos de GEEs negociáveis, chamados de Unidade de Carbono Verificada – VCU, para então serem comercializados no mercado aberto (ANIS; CARDUCCI; RUVIARO, 2022).

Os padrões VERRA e GS servem para nortear e validar os projetos do mercado voluntário, de forma a assegurar que os créditos são íntegros. O VSC é o padrão instituído pelo VERRA, o qual dita as regras e padrões que todos os projetos de carbono devem seguir e atender para serem validados e certificados (VERRA, 2021).

O processo de comercialização de créditos para o mercado voluntario ocorre através de 4 etapas, as quais são: identificação da metodologia, elaboração do projeto atendendo os requisitos exigidos, validação/monitoramento e posterior certificação dos créditos. Porém, somente após o registro e certificação dos créditos gerados, os mesmos poderão ser comercializados (VERRA, 2021).

A metodologia a ser utilizada para a elaboração do projeto consiste nos métodos detalhados para a quantificação/mensuração das reduções de GEE que

serão convertidos em créditos de carbono. Se não houver metodologia adequada para o projeto em específico, é possível propor nova metodologia, a qual será submetida a procedimentos de validações independentes e auditorias especializadas, somente após a comprovação dos padrões de confiabilidade da metodologia independente é que a mesma será finalmente aprovada (VERRA, 2021), o que ocorre como os projetos de carbono no solo, pois o mesmo, ainda não possui metodologia de quantificação/mensuração devidamente finalizada e aprovada.

Por este motivo que créditos de carbono obtidos através do sistema solo-planta ainda não são comercializados. Para que o mercado de carbono baseando na agricultura conservacionista se efetive no Brasil, se faz necessário o incentivo a implantação do MDL, além do fomento à pesquisa científica acerca da complexidade dos padrões de mensurações do C no solo.

Ressalta-se que iniciativas como o Pro-Carbono visam impulsionar o agronegócio brasileiro além de colaborar para a solução dos desafios técnico-científicos viabilizando a entrada da agricultura no mercado de carbono.

Atualmente no Brasil empresas como *Sustainable Carbon* desenvolvem projetos de reduções de emissões ligados ao gerenciamento dos Gases de Efeito Estufa – GEEs voltados a carbono de vegetação nativa, podendo este ser operado pela bolsa de valores B3, localizada em São Paulo; para tal mercado, o campo de regulação obrigatória é realizado pela Comissão de Valores Mobiliários, os quais são regidos por normatização nacional. O MV atua com regulamentações próprias e legislações inerentes a cada país, não sendo fiscalizada pela ONU (LUDENA *et al.*, 2015).

Diversas ações acerca do assunto estão sendo realizadas a nível nacional, visando incentivar o setor agrícola a adesão de boas práticas de uso do solo, o que favorecerá no aumento da produtividade, além do sequestro e fixação de carbono no solo, uma das diversas medidas de redução dos GEEs. A participação de tal setor é importantíssima, visto que o mesmo é um dos principais setores a sofrerem com as alterações climáticas decorrentes do efeito estufa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados analíticos iniciais apontam que o solo da área estudada encontra-se com baixos níveis de Matéria Orgânica – MO e conseqüentemente, baixo aporte de Carbono fixado no solo. Entretanto, diversas pesquisas acerca do assunto, enfatizam que a adoção de boas práticas agrícolas, tais como manejo conservacionistas através da implantação de sistemas de plantio direto – SPD, integrações lavoura-pecuária-floresta – ILPF, consorciações e rotações de cultura e culturas de cobertura, podem contribuir para a proteção do solo, bem como para o sequestro e fixação de Carbono nos solos agricultáveis no Brasil. A agricultura há muito desempenha um papel na amplificação do efeito estufa por meio de práticas tradicionais toda via, com o avanço da pesquisa científica mundial, compreende-se que o setor agrícola sustentável possui um grande potencial no sequestro de carbono atmosférico no solo, contribuindo significativamente para a mitigação dos gases de efeito estufa – GEEs.

A inserção da agricultura no mercado de carbono mundial, voluntário ou regulado, impulsionaria a adoção de práticas mais sustentáveis pelo setor agrícola, além de possibilitar ganhos financeiros aos produtores rurais, seja pelo aumento da produtividade e/ou pelo comércio de créditos de carbono, além de todo o benefício ambiental, sobre as reduções dos gases de efeito estufa. Entretanto, a falta de um mercado bem regulado e definido afeta a funcionalidade de tais mecanismos.

Desta forma, conclui-se que os sistemas de produção ambientalmente responsáveis são capazes de reduzir gases de efeito estufa ao sequestrar altos níveis de carbono e fixá-los no solo, sendo estes capazes de comercializar esse carbono; no entanto, enfrentam a falta de um mercado de carbono regulado ou voluntário e a falta de cumprimento da legislação vigente. Portanto, as políticas públicas de grande envergadura ainda carecem de efetividade e escala para permitir que o país implemente um mercado de carbono que beneficie o setor agropecuário e fortaleça métodos de produção sustentáveis.

O Brasil, embora tenha implementado leis baseadas em acordos internacionais que promovam a proteção ambiental, redução de gases de efeito estufa e sustentabilidade da produção agrícola, ainda carece de políticas públicas efetivas com

subsídios próprios ou mesmo parcerias público-privadas, visto que os custos e complexidade dos projetos são altos. Assim, o mercado de carbono poderia se desenvolver e elevar o maior número de transações comerciais baseadas na agricultura.

Sendo assim, tal pesquisa é fundamental visto que Rondônia encontra-se em crescente expansão agrícola sendo imprescindível a adoção de práticas conservacionistas que visam o manejo e conservação do solo. Diante do exposto, espera-se que este estudo venha a contribuir de forma satisfatória para o desenvolvimento agrícola e ambiental da região. Entretanto, ressalta-se a necessidade da continuação de tais estudos acerca da agricultura conservacionista e o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, Tim. **Mercado de crédito de carbono pode chegar a US\$ 100 bilhões por ano até 2050**. Publicado em 08/07/2021. Revista Época Negócios. Editora Globo. Disponível em: < [http://www.bcb.gov.br/pre/boletimrsa/BOLRSA201012.pdf](https://epocanegocios.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2021/07/mercado-de-credito-de-carbono-pode-chegar-us-100-bilhoes-por-ano-ate-2050.html#:~:text=Um%20S%C3%B3%20Planeta-,Mercado%20de%20cr%C3%A9dito%20de%20carbono%20pode%20chegar%20a%20US,bilh%C3%B5es%20por%20ano%20at%C3%A9%202050> https://epocanegocios.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2021/07/mercado-de-credito-de-carbono-pode-chegar-us-100-bilhoes-por-ano-ate-2050.html#:~:text=Um%20S%C3%B3%20Planeta-,Mercado%20de%20cr%C3%A9dito%20de%20carbono%20pode%20chegar%20a%20US,bilh%C3%B5es%20por%20ano%20at%C3%A9%202050>. Acesso em 12 de jun. 2022.</p><p>ADAMY, A. <b>Geodiversidade do estado de Rondônia</b> / Organização Amilcar Adamy. – Porto Velho : CPRM, 2010 337 p.: 30</p><p>ANIS, Cíntia Ferreira; CARDUCCI, Carla Eloize; RUVIARO, Clandio Favarini. <b>Mercado de carbono agrícola: realidade ou desafio?</b>. Multitemas, p. 163-188, 2022.</p><p>ARAÚJO, E.A.D.; KER, J.C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. <b>Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação</b>. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.</p><p>ALVARENGA, Ramon Costa <i>et al.</i> <b>Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto</b>. 2001.</p><p>ALVAREZ, V.V.H. <i>et al.</i> <b>Interpretação dos resultados das análises de solos</b>. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H.. (Eds.) <b>Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais</b>. Viçosa: CFSEMG. 1999. p. 25-32.</p><p>ALVES, Raíza Silva; DE OLIVEIRA, Louise Antunes; DE LAVOR LOPES, Paloma. <b>CRÉDITO DE CARBONO: O mercado de crédito de carbono no Brasil</b>. X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2013.</p><p>BALBINO, Luiz Carlos <i>et al.</i> <b>Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)</b>. Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2012.</p><p>BANCO CENTRAL DO BRASIL. <b>Responsabilidade Social e Ambiental do Sistema Financeiro</b>. Ano 5, nº 53 (2010) Disponível em: <a href=). Acessado em: maio. 2022
- BASTOS, Alexis de Sousa *et al.* **Amazon plinthosols: carbon stocks and physical properties under different land uses**. Ciência Florestal, v. 31, p. 749-765, 2021.



BAUMGARTNER, Lana Cristina *et al.* **Estoque e mecanismo de proteção física do carbono no solo em manejos agrícolas.** Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2021.

BAYER, Cimélio *et al.* Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. **Tópicos em ciência do solo**, v. 7, p. 55-118, 2011.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejos de solos.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado)

BM&FBOVESPA. **Mercado de Carbono.** 2011. Disponível em: [http://www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/mbre/download/Carbono\\_100407\\_pt.pdf?idioma=pt-br](http://www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/mbre/download/Carbono_100407_pt.pdf?idioma=pt-br). Acesso em Agosto. 2022

BOGIANI, J. C. *et al.* **Sequestro de carbono em sistemas de produção de grãos e fibras em solo arenoso do Cerrado da Bahia.** Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2020.

BORSARI, G. **Solo brasileiro necessita de cuidados específicos.** [2018]. Disponível em: <<https://ruralcentro.com.br/analises/solo-brasileiro-necessita-de-cuidados-especificos-4872?event=destaque>>. Acesso em 12 de jun. 2022.RI

BRAGA, G. L; VEIGA, V.F, **Responsabilidade Social e Ambiental do Sistema Financeiro.** (2010).

BRASIL. Senado Federal. Subsecretaria de Edições Técnicas. **Protocolo de Quioto e legislação correlata.** Brasília: Subsecretaria de Edições Técnicas do Senado Federal, 2004. v. 3 (Coleção Ambiental). 88 p.

BRASIL. **Decreto n. 11.075, de 09 de maio de 2022.** Estabelece os procedimentos para a elaboração dos planos setoriais de mitigação das mudanças climáticas. Brasília, DF: Presidência da República; Casa Civil; Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2022. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=11075&ano=2022&ato=d2do3aq1kMZpWT8e1>. Acesso em: Set. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente [MMA]. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica: Brasil. [Série Biodiversidade 38]. Brasília: MMA, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA]. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **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.** Brasília: MAPA/ACS, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoesplano-abc/download.pdf>. Acesso em: Agost. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009.** Institui a política nacional sobre mudança do clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República; Casa Civil; Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2009a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm). Acesso em: set. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em . Acesso em março de 2022.

BURGIERMAN, Denis Russo. **Finalmente, estamos todos de acordo: temos que nos preocupar com as mudanças climáticas.** Publicado em 18/11/2015. Revista Super Interessante. Disponível em: <<<https://super.abril.com.br/comportamento/finalmente-estamos-todos-de-acordo-temos-que-nos-preocupar-com-as-mudancas-climaticas/>>>. Acesso em 10 de jun. 2022.

CAETANO, Rodrigo, **Ibope mostra o que o brasileiro pensa sobre as mudanças climáticas.** Publicado em 04/02/2021. Revista EXAME. Disponível em: <<https://exame.com/esg/ibope-mostra-o-que-o-brasileiro-pensa-sobre-as-mudancas-climaticas/>>. Acesso em 10 de jun. 2022.

CARDOSO, F. P. **O Meio Ambiente e o Plantio Direto.** Campinas, Editora Rural. 1997. 116p

CARVALHO, EJM; DE FREITAS, P. L. **Plantio direto: caminho para a agricultura sustentável.** 2008.

CARVALHO, Glaucilene. **Agricultura e aquecimento global: efeitos e mitigação.** EnciclopédiaBiosfera, v. 5, n. 08, 2009.

CARVALHO, João Luis Nunes *et al.* **Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomasso Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010.

CONCEIÇÃO, P.C.; BOENI, M.; DIECKOW, J.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. **Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio em estudos de proteção física da matéria orgânica do solo.** R. Bras. Ci. Solo, 32:541-549, 2008

CONCHA LOZADA, C. M. **Índice de qualidade do solo para a avaliação do impacto de diferentes usos e manejos e sua aplicação em uma área rural de Planaltina (DF).** Orientador: Henrique Marinho Leite Chaves. 2015. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal,

Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/18739>>. Acesso em: 28 maio 2022.

CHUNG, H.; GROVE, J.H. & SIX, J. **Indications for soil carbon saturation in a temperate agroecosystem**. Soil Sci. Soc. Am. J., 72:1132-1139, 2008.

DA SILVA VIEIRA, Aline *et al.* **Influência dos usos e manejos do solo nos estoques de carbono do solo no sudoeste da Amazônia**. Revista de Administração e Negócios da Amazônia, v. 11, n. 3, 2019.

DE ARAÚJO, Edson Alves *et al.* **Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação**. Applied Research & Agrotechnology, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

DE OLIVEIRA, Yandra Patrícia Lima. **Desafios do Mercado de Carbono após o Acordo de Paris: Uma revisão**. Meio Ambiente (Brasil), v. 4, n. 1, 2021.

EMBRAPA SOJA (2013). **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014**. – Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p. ; 21cm. – (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176- 2902; n.16).

ESPÍNDOLA, J. A. A., GUERRA, J. G., & de Almeida, D. L. (1997). **Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável**. Embrapa Agrobiologia- Documentos (INFOTECA-E).

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N. **Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente**. Revista Ciência Agronômica, v.43, n.3, p.417-428, 2012.

GAMA, Alvaro Henrique Barreto; VENDRUSCOLO, Maria Ivanice. **Mercado de Créditos de Carbono: instrumento financeiro contábil em prol do desenvolvimento limpo e sustentável**. Revista do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis (ICEAC). SINERGIA, Rio Grande, 2015. Disponível em <<http://www.repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/6964/4470-15800-1-PB.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

GARCIA, Rafael. **Como será o mercado de carbono do Brasil, que foi adiado para 2017**. Publicado em 06/07/2015. Revista Observatório do Clima. Disponível em: <<https://www.oc.eco.br/como-sera-o-mercado-de-carbono-do-brasil/>>. Acesso em 07 de jun. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GMACH, Maria Regina; DIAS, Bruno de Oliveira; SILVA, Carlos Alberto; NÓBREGA, Júlio César Azevedo; FILHO, José Lustosa; NETO Marcos Siqueira. **Soil organic matter dynamics and land-use change on Oxisols in the Cerrado, Brazil**. Geoderma Regional, Amsterdam, v. 14, p. 76-98, set. 2018.

GOUVELLO, C. **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil**. Brasília: Banco Mundial, 2010.

GURGEL, Angelo; PALTSEV, Sergey; BREVIGLIERI, Gustavo Velloso. **The impacts of the Brazilian NDC and their contribution to the Paris agreement on climate change**. *Environment and Development Economics*, Cambridge, v. 24, n. 4, p. 1-18, 2019.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2001: the scientific basis**. United Kingdom: Cambridge University, 2001. 881p.

IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz. **Empresa gaúcha é a primeira no país a receber créditos de carbono da Holanda**. Publicado em 07/07/2006. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: < [JASTROW, J.D. & MILLER, R.M. \*\*Soil aggregate stabilization and carbon sequestration: Feedbacks through organomineral associations\*\*. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F. & STEWART, B.A., eds. \*Soil processes and the carbon cycle\*. Boca Raton, CRC Press, 1998. p.207-223.](https://irga.rs.gov.br/empresa-gaucha-e-a-primeira-no-pais-a-receber-creditos-de-carbono-da-holanda#:~:text=a%20primeira%20no-,Empresa%20ga%C3%BAcha%20%C3%A9%20a%20primeira%20no%20pa%C3%ADs,cr%C3%A9ditos%20de%20carbono%20da%20Holanda&text=A%20ind%C3%BAstria%20aliment%C3%ADcia%20ga%C3%B4cha%20Camil,real%20de%20cr%C3%A9ditos%20de%20carbono.>. Acesso em 12 de jun. 2022.</p></div><div data-bbox=)

KHALILI, Amyra El. **O que são créditos de carbono**. Disponível em: <[KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. \*\*Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé\*\*. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. \(Ed.\). \*Integração Lavoura Pecuária\*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-442.](https://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/2833-o-que-sao-creditos-de-carbono-amyra-el-khalili#:~:text=Cr%C3%A9ditos%20de%20carbono%20s%C3%A3o%20Certificados,carbono%20e%20outros%20gases%20poluentes.> Acesso em: 23 mar. 2022.</p></div><div data-bbox=)

LEFÈVRE, Clara *et al.* **Carbono orgânico del suelo: el potencial oculto**. 2017.

LIMA, Odair Godoi. **Indicadores Físicos, Químicos e Biológicos da Qualidade do Solo em Plantios Florestais e Floresta Ombrófila Mista na Embrapa Florestas**, Colombo-PR. Disponível em: < [http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2013/04/2011\\_02\\_16\\_lima.pdf](http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2013/04/2011_02_16_lima.pdf)>, acessado em 02 de abr. 2022.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, F. **Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e o rendimento do milho em sistemas de manejo**. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:175-187, 2004.

LUDENA, Carlos; NETTO, Maria; RYFISH, David. Estudo sobre um potencial mercado de carbono no estado de São Paulo. In: LUDENA, Carlos; NETTO, Maria; RYFISH, David (Org.). **Estudos sobre mercado de carbono no Brasil**. Washington: Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2015.

MACHADO, Pedro L. O. de A. **Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global**. Publicado em 28/03/2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/CB6Dn3MwxgLYNcdmwjYmvZF/?lang=pt>>. Acesso em 15 de jun. 2022.

MACIEL, Antonio JS; ALBIERO, Daniel. **Avaliação de ferramenta de preparo conservacionista do solo para plantio em pequena propriedade**. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 1, n. 1, p. 5-13, 2007. CAR

MARTINI, Denise Zanatta; MOREIRA, Maurício Alves; DALLA-NORA, E. **Emprego de Geotecnologias para identificar áreas para expansão agrícola de soja no Estado de Rondônia**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, v. 17, p. 1455-1462, 2015.

MCT. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. v. 1. Brasília: MCT, 2010.

MAFRA, Erich. **Mercado de carbono: entenda o passo a passo de sua construção**. Publicado em 15/06/2022. *Revista Forbes Agro*. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbesagro/2022/06/mercado-de-carbono-entenda-como-ele-foi-construido/>>. Acesso em 16 de jun. 2022.

MASLIN, Mark; LEWIS, Simon. **Créditos de carbono desatualizados de antigas fazendas eólicas e solares estão ameaçando os esforços de mudanças climáticas**. Publicado em 14/01/2021. *Revista The Conversation*. Disponível em: <<https://theconversation.com/global/search?q=cr%C3%A9dito+de+carbono> >. Acesso em 07 de jun. 2022.

Ministério do Meio Ambiente (2014). **REDD+ na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/reddnotainformativa-04-reddnaunfcc.pdf> Acesso em: maio. 2022.

MÜLLER, F. C. *et al.* **Uso, manejo e conservação do solo**. Porto Alegre: SAGAH, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556902715/pageid/1>>. Acesso em: 01 mai. 2022

NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; THIAGO, L. R. L. S.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. . **Sistemas silvipastoris: introdução de árvores na**

**pecuária do Centro-Oeste Brasileiro.** Campo Grande: Embrapa gado de corte, 2004. 37 p. (embrapa gado de corte. Documentos 146).

NICOLOSO, R.S. **Mecanismos de estabilização do carbono orgânico do solo em agroecossistemas de clima temperado e sub-tropical.** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 108p. (Tese de Doutorado)

NILER, Eric. **As compensações de carbono realmente funcionam? Depende dos detalhes.** Publicado em 14/01/2020. Revista Wired. Disponível em: <<https://www.wired.com/story/do-carbon-offsets-really-work-it-depends-on-the-details/>>. Acesso em 12 de jun. 2022.

OADES, J.M.; GILLMAN, G.P. & UEHARA, G. **Interactions of soil organic matter and variable charge clays.** In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G., eds. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, Hawaii Press, 1989. p.69-95.

PIKUL, J.L.; OSBORNE, JR.; ELLSBURY, C. & RIEDELL, W. **Particulate organic matter and water-stable aggregation of soils under contrasting management.** Soil Sci. Soc. Am. J., 71:766-776, 2007.

PINTO, Edemir. **Perguntas frequentes sobre o Mercado de Carbono.** (2005) Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/abmfbovespa/download/Lamina-Mercado-de-Carbono.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2022

PLUME, Karl. **Agricultores lutam para entrar no mercado de crédito de carbono em expansão.** Publicado em 28/04/2021. Revista Reuters. Disponível em: <<https://www.reuters.com/business/energy/farmers-struggle-break-into-booming-carbon-credit-market-2021-04-28/>>. Acesso em 12 de jun. 2022.

PRADO, Matheus. **Tesla fatura milhões: por que os créditos de carbono ainda não decolaram aqui.** Publicado em 28/07/2020. Revista CNN Brasil. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/tesla-fatura-milhoes-por-que-os-creditos-de-carbono-ainda-nao-decolaram-aqui/>>. Acesso em 07 de jun. 2022.

RONDÔNIA. **Lei n. 4.437, de 17 de Dezembro de 2018.** Institui a Política Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais - PGSA e cria o Sistema Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais - SGSA, no âmbito do Estado de Rondônia e dá outras providências. Disponível em: <https://sapl.al.ro.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2018/8761/l4437.pdf> Acesso em: set. 2022.

ROSSETTI, Karina de V.; CENTURION, José F. **Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronossequência sob diferentes manejos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, p. 252-258, 2015.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; FILHO, S. P. V. B; PICCOLO, M. C. & FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, 2001.

SILVA, Jéssica CN *et al.* **Aggregation, carbon, and total soil nitrogen in crop-livestock-forest integration in the Eastern Amazon**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 22, p. 837-842, 2018.

SILVA, M. O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, D. F.; COSTA, K. D. S. **Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo** /chemical and physical indicators of soil quality. Brazilian Journal of Development., Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, jul. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13360/11223>>, acessado em 02 de abr. 2022.

SILVA, Carlos Alberto; MACHADO, PLO de A. **Seqüestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais**. Embrapa Solos. Documentos, 2000.

SIQUEIRA NETO, Marcos *et al.* **Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR): I-Seqüestro de carbono no solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, p. 1013-1022, 2009.

SISTER, Gabriel. **Mercado de carbono e Protocolo de Quioto: aspectos negociais e tributação**. 2 ed. São Paulo: Elsevier, 2008.

SHRIKANTH, S. (2020). **Carbon credit markets still have a way to go**. Nova Iorque, Agosto.

SOUSA, Silvio Araújo. **Mundo Vestibular: portal com publicações de professores**. Disponível em: <<https://www.occ.pt/news/comcontabaudit/pdf/12.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2022.

SOUZA, Rafael Pereira de (Coord.). **Aquecimento Global e Créditos de Carbono: aspectos jurídicos e técnicos**. São Paulo: Quartier Latin, 2007.

SIX, J.; ELLIOTT, E.T.; PAUSTIAN, K. & COMBRINK, C. **Soil structure and organic matter. I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon**. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:681-689, 2000a.

SIX, J.; ELLIOTT, E.T. & PAUSTIAN, K. **Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no tillage agriculture**. Soil Biol. Biochem., 32:2099-2103, 2000b.

STEWART, C.E.; PAUSTIAN, K.; CONANT, R.T.; PLANTE, A.F. & SIX, J. **Soil C saturation: Concept, evidence, and evaluation**. Biogeochemistry, 86:19-31, 2007.

TEIXEIRA NETO, Henrique; CARVALHO, Rejany. **A importância da palhada de milho e brachiária para o solo**. 2016.

UNFCCC Press (2021). **COP26 reaches consensus on key actions to address climate change**. Bonn, novembro. Disponível em: <<https://unfccc.int/news/cop26-reaches-consensus-on-key-actions-to-address-climate-change>>. Acesso em: 10/07/2022.

VERRA (2021). **The VCS Program**. Disponível em: <https://verra.org/project/vcs-program/> . Acesso em: setembro.2022.

WOLLENBERG *et al.* (2016). **Reducing emissions from agriculture to meet the 2°C target**. *Global Change Biology*, 22, pp. 3859–3864.

ZILBER, S. N.; KOGA, E. **Mercado de créditos de carbono no Brasil e o papel dos agentes intermediários: Desafios e oportunidades**. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 13 p. 139-153, 2011. Disponível em: <<http://revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/viewArticle/311>>. Acesso em 22 mar. 2022.



## RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

**DISCENTE:** Bárbara Freire Alves


**CURSO:** Engenharia Ambiental e Sanitária

**DATA DE ANÁLISE:** 28.11.2022

### RESULTADO DA ANÁLISE

#### Estatísticas

Suspeitas na Internet: **6,07%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet 

Suspeitas confirmadas: **5,86%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados 

Texto analisado: **85,1%**

*Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).*

Sucesso da análise: **100%**

*Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.*

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.8.5  
segunda-feira, 28 de novembro de 2022 21:03

### PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho da discente **BÁRBARA FREIRE ALVES**, n. de matrícula **38182**, do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, foi aprovado na verificação de plágio, com percentagem conferida em 6,07%. Devendo a aluna fazer as correções necessárias.

(assinado eletronicamente)  
**HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO**  
**Bibliotecária CRB 1114/11**  
Biblioteca Central Júlio Bordignon  
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA