



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM AGROECOLOGIA

**INDICADORES BIOLÓGICOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DE
LAVRADO: PROJETO DE ASSENTAMENTO NOVA AMAZONIA (PANA)**

INDHYRA JONNYA QUEIROZ DE MAGALHÃES



BOA VISTA/RR
2024



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO ACADÊMICO EM ASSOCIAÇÃO COM EMBRAPA E IFRR**

**INDICADORES BIOLÓGICOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DE
LAVRADO: PROJETO DE ASSENTAMENTO NOVA AMAZONIA (PANA)**

**BOA VISTA/RR
2024**

TERMO DE CIÊNCIA E AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TCC, TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NO SITE DA UERR

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Estadual de Roraima - UERR a disponibilizar gratuitamente através do site institucional <https://www.uerr.edu.br/multiteca/>, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico:

() Trabalho de Conclusão de Curso (x) Dissertação () Tese

2. Identificação do TCC, Dissertação ou Tese

Autor: Indhyra Jonnya Queiroz de Magalhães

E-mail: indhyramagalhaes434@gmail.com

Agência de Fomento:

Título: Indicadores Biológicos do Solo em Agroecossistemas de Lavrado: Projeto Assentamento Nova Amazônia (PANA)

Palavras-Chave: uso e manejo do solo, agroecologia, savana.

Palavras-Chave em outra língua: soil use and management, agroecology, savannah.

Área de Concentração: Agroecologia

Grau: Mestrado

Programa de Pós-Graduação: Mestrado Acadêmico em Agroecologia - PPGA

Orientador(a): Dr. Plínio Henrique Oliveira Gomide

E-mail do orientador(a): pliniogomide@uerr.edu.br

Coorientador(a): Dr. Alexandre Curcino

E-mail do coorientador(a): alexavante@yahoo.com.br

Membro da Banca: Dra. Lelisângela Carvalho da Silva

Membro da Banca: Dra. Luciana da Silva Barros

Membro da Banca: Dra. Tatiane Marie Martins Gomes de Castro

Data de Defesa: 02/04/2024 **Instituição de Defesa:** UERR

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O referido autor: 1. Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade; 2. Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à Universidade Estadual de Roraima os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização: (x) Total () Parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

() Capítulos. Especifique: _____

() Outras restrições. Especifique: _____

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF e DOC ou DOCX da dissertação, TCC ou tese.

Assinatura do(a) autor(a): Indhyra Jonnya Queiroz de Magalhães Data: 16/05/24.

Indhyra Magalhães



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO ACADÊMICO EM ASSOCIAÇÃO COM EMBRAPA E IFRR**

**INDICADORES BIOLÓGICOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DE
LAVRADO: PROJETO DE ASSENTAMENTO NOVA AMAZONIA (PANA)**

INDHYRA JONNYA QUEIROZ DE MAGALHÃES

Sob a Orientação do Professor
Dr. Plínio Henrique Oliveira Gomide

e Co-orientação do Professor
Dr. Alexandre Curcino

**Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agroecologia. Área de
concentração em Agroecologia.**

**Linha de Pesquisa: Biodiversidade
Funcional em Agroecossistemas
Amazônicos.**

**BOA VISTA/RR
2024**

FOLHA DE PREENCHIMENTO EXCLUSIVO DA MULTITECA

Copyright © 2021 by **Indhyra Jonnya Queiroz de Magalhães**

Todos os direitos reservados. Está autorizada a reprodução total ou parcial deste trabalho, desde que seja informada a **fonte**.

Universidade Estadual de Roraima - UERR
Coordenação do Sistema de Bibliotecas
Multiteca Central
Rua Sete de Setembro, 231 Bloco - F Bairro Canarinho
CEP: 69.306-530 Boa Vista - RR
Telefone: (95) 2121.0946
E-mail: biblioteca@uerr.edu.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Reservado o preenchimento à Multiteca

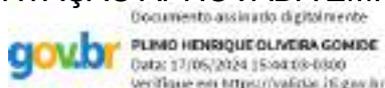
Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
xxxxxxxxxx - CRB xx/xxx - RR

FOLHA DE APROVAÇÃO

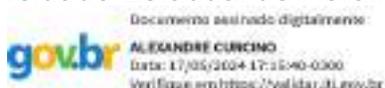
INDHYRA JONNYA QUEIROZ DE MAGALHÃES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agroecologia. Área de concentração em Agroecologia.

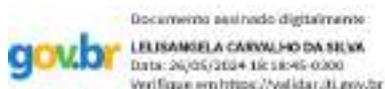
DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 02/04/2024



Prof. Dr. Plínio Henrique Oliveira Gomide
(Orientador)
Universidade Estadual de Roraima - UERR



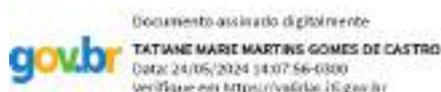
Prof. Dr. Alexandre Curcino
(Coorientador)
Universidade Estadual de Roraima - UERR



Profa. Dra. Leisângela Carvalho da Silva
(Membro Titular)
Universidade Estadual de Roraima - UERR



Profa. Dra. Luciana da Silva Barros
(Membro Titular)
Universidade Federal de Roraima - EAGRO/UFRR



Profa. Dra. Tatiane Marie Martins Gomes de Castro
(Membro Titular)
Universidade Estadual de Roraima - UERR

BOA VISTA/RR
2024

DEDICATÓRIA

Dedico a toda a minha família, em especial a minha mãe, irmã e filho amado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a realização desse sonho, por estar comigo em todos os momentos, e por tanto aprendizado. Sou imensamente agradecida por essa oportunidade e por ter conseguido chegar até o final.

A toda a minha família, em especial minha mãe, minha irmã e meu filho amado.

Aos meus colegas de curso que me acompanharam e incentivaram durante a jornada.

Agradeço especial a minha amiga Juliana Dorigon, que me mostrou o caminho e acreditou em mim.

Agradeço à Universidade Estadual de Roraima (UERR) por me abrir as portas e por todas as oportunidades.

E o meu muitíssimo obrigada aos meus dois orientadores Dr. Plínio Henrique Oliveira Gomide e Dr. Alexandre Curcino por todo o apoio e por serem exemplos de profissionais que são apaixonados no que fazem. Vocês são as inspirações que com certeza levarei em toda a minha carreira profissional.

Agradecimento especial aos membros da banca, professora Dra. Lelisângela Carvalho da Silva, professora Dra. Luciana da Silva Barros e professora Dra. Tatiane Marie Martins Gomes de Castro pela participação na banca e pelas sugestões que muito contribuíram para a melhoria do trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) por meio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia - PROCAD AMAZÔNIA (EDITAL Nº 21/2018)

”Sem saber que era impossível, ele foi lá e fez.”

Jean Cocteau

RESUMO GERAL

MAGALHÃES, Indhyra Jonnya Queiroz de. **Indicadores Biológicos do Solo em Agroecossistemas de Lavrado: Projeto de Assentamento Nova Amazônia (PANA)** 2024. x p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, RR, 2024

O solo é um componente ambiental complexo, suas variações, no que se refere às propriedades físicas, químicas e biológicas são importantes definidoras de padrões ecológicos e do próprio uso da terra, cujo o potencial a humanidade busca aproveitar para erguer as bases da sobrevivência, mas nem sempre de forma sustentável. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do uso e manejo do solo em sistemas de cultivo convencional de milho/soja, cultivo em aléia e área de vegetação nativa (lavrado) no Projeto de Assentamento Nova Amazônia (PANA) no município de Boa Vista/Roraima. A partir das amostras coletadas foram avaliadas carbono da biomassa microbiana, respiração microbiana do solo, quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMic$) e a atividade enzimática do solo arilsulfatase, β -glicosidase e hidrólise do FDA. Para a determinação desses atributos foram coletadas amostras de solo deformada com o auxílio do trado holandês. De forma a representar os ambientes estudados, em cada ambiente foram realizadas cinco repetições, sendo, cinco amostras simples em cada repetição, gerando uma amostra composta. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey 5%. Os resultados mostraram que os solos estudados são arenosos, ácidos, com baixos teores de nutrientes, demonstrando a baixa fertilidade. A atividade enzimática apresentou diferença significativa entre os sistemas estudados, demonstrando que são sensíveis à ação antrópica. O CBM apresentou diferença significativa entre os sistemas de lavrado e soja/milho. Os resultados encontrados indicam que no geral houve diferença significativa entre os sistemas estudados e que os indicadores foram sensíveis ao uso e manejo do solo, podendo servir como ferramenta útil para monitoramento de agroecossistemas.

Palavras-chave: uso e manejo do solo, agroecologia, savana.

GENERAL ABSTRACT

MAGALHÃES, Indhyra Jonnya Queiroz de. Soil Biological Indicators in Lavrado Agroecosystems: Nova Amazônia Settlement Project (PANA) 2024. x p. Dissertation (Master's in Agroecology). State University of Roraima, Boa Vista, RR, 2024.

Soil is a complex environmental component its variations in terms of physical, chemical and biological properties are important definers of ecological standards and the use of land itself, whose potential humanity seeks to take advantage of to build the foundations of survival, but not always in a sustainable way. The objective of this work was to evaluate the effect of soil use and management in conventional corn and soybean cultivation systems, alley cultivation and native vegetation area (plowed) in the Nova Amazônia Settlement Project (PANA) in the municipality of Boa Vista/Roraima. From the collected samples, microbial quotient (qMIC) and soil enzymact activity of arisulfatase, β -glucosidase and FDA hydrolysis were evaluated. To determine these attributes, deformed soil samples were collected with the aid of a Dutch auger. In order to represent the environments studied, five repetitions were carried out in each environment, with five simple samples in each repetition, generating a composite sample. The data obtained were subjected to analysis of variance and the 5% Tukey test. The results showed that the soils studied are sandy, acidic, with low nutrient levels, demonstrating low fertility. Enzymact activity showed a significant difference between the systems studied, demonstrating that they are sensitive to antropogenic action. The CBM showed a significant difference between the tillage and soy/corn systems. The results found indicat that in general there was a significant difference between the systems studied and that the indicators were sensitive to soil use and management.

Keywords: soil use and management, agroecology, savannah.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Enzimas indicadoras da qualidade do solo.....	30
Tabela 2--Resultados das variáveis químicas em diferentes sistemas de uso e manejo do solo	38
Tabela 3 Atributos físicos, químicos e biológicos do solo e métodos utilizados para sua determinação.....	39
Tabela 4--Resultados das variáveis biológicas em diferentes sistemas de uso e manejo do solo	42
Tabela 5- Classe de interpretação das variáveis β -glicosidase e arilsulfatase para Latossolos Vermelhos no Cerrado.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.....	34
Figura 2: Precipitações mensais (mm) e temperatura (°C) do período em que foram realizadas as coletas de solo avaliadas.	35
Figura 3: Imagem do sistema de cultivo convencional soja/milho.....	36
Figura 4: Imagem do sistema em aléia	37
Figura 5: Imagem do sistema de vegetação nativa (lavrado).....	38
Figura 6: Esquema de amostragem de solo nos ambientes estudados.....	39
Figura 7: Análise de Componentes Principais (PCA) das médias dos atributos do solo para diferentes sistemas de manejo	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
1.1 Características da savana de Roraima	18
1.2 Projeto de Assentamento Nova Amazônia	18
1.3 Agroecossistemas	21
1.4 Qualidade do Solo	24
1.5 Indicadores de Qualidade do Solo em Agroecossistemas	24
1.5.1 Indicadores Físicos	25
1.5.2 Indicadores Químicos	26
1.5.3 Indicadores Biológicos.....	28
2.6 Agroecologia.....	31
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
1.6 Ferramentas e Procedimentos	35
3.1.1 Caracterização das áreas de estudo.....	35
3.1.2 Coleta de dados e variáveis avaliados.....	38
3.1.3 Análise de dados.....	40
3.1.4 Análise granulométrica	40
4. RESULTADOS E DISCURSÕES	41
5. CONCLUSÕES	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Desde há muito tempo, os homens têm buscado estabelecer estilos de agricultura menos agressivos ao meio ambiente, capazes de proteger os recursos naturais e que sejam duráveis ao longo do tempo. Assim, em resposta ao modelo produtivista, surgiram por volta de 1920 alguns movimentos contrários à agricultura moderna. Tais movimentos evidenciavam a importância da complexidade nos agroecossistemas, o uso da matéria orgânica nos solos, práticas agrícolas que respeitassem e otimizassem os serviços ambientais fornecidos pela natureza, além de prezar pelos anseios sociais e maximizar os processos biológicos (Caporal; Costabeber, 2004).

Os movimentos de agricultura alternativa ao modelo de produção atualmente predominante são caracterizados pela utilização de tecnologias que respeitem a natureza (Assis, 2005), mantendo um equilíbrio dinâmico entre os seres vivos e o meio ambiente, imitando ao máximo os sistemas naturais.

Para Borges Filho (2005), as novas bases científicas e tecnológicas da pesquisa agrícola estão diretamente relacionadas ao conceito de agricultura sustentável. Nesse sentido, o quadro atual da pesquisa agrícola caminha em direção ao desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis do ponto de vista ambiental, como, por exemplo, o controle biológico, o monitoramento de pragas e doenças, o manejo adequado do solo, a avaliação do impacto ambiental, etc.

A base científica para esses estilos de agricultura com enfoque mais sustentável é dada pela Agroecologia. De acordo com Assis (2005), a Agroecologia surge como consequência de uma busca de suporte técnico para as diferentes correntes de agricultura alternativa e, como resposta aos críticos desses movimentos que citavam esses como uma tentativa retrógrada de volta ao passado na agricultura.

O respeito às leis da natureza, o aprimoramento das práticas agroecológicas nas lavouras e o incentivo na promoção de organizações de agricultores e consumidores conscientes poderá repercutir na melhoria da qualidade do meio ambiente e da vida dos agricultores. Tais pressupostos permitirão uma transição que transcenderá aspectos técnicos e agronômicos, atingindo patamares ecológicos, éticos, políticos e culturais (Lopes, 2011).

O solo, enquanto organismo vivo desempenha um papel vital na sustentabilidade e na qualidade de vida das pessoas. Portanto, a preservação de sua qualidade é essencial para garantir a saúde humana e o bem-estar. O relacionamento com a natureza está centrado na sua capacidade de funcionamento, tudo esta ligado a ele, para todos os fins que se imagine o solo é sempre o elemento principal (Silva et al., 2016).

Considerando um componente ambiental complexo, o solo possui variações significativas em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Estas variações não só definem padrões ecológicos, mas também influenciam diretamente o uso da terra. Apesar de representar um potencial crucial para a sobrevivência humana, muitas vezes sua exploração não é sustentável. Para utilizá-lo de forma eficaz, especialmente para a produção agrícola e pecuária, é essencial entender suas características, limitações, vulnerabilidade à erosão e distribuição geográfica. Essa compreensão global é fundamental para uma abordagem mais consciente e sustentável de seu uso (Moreira; Vasconcelos, 2007).

A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores que podem refletir o estado ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema (Araújo; Monteiro, 2007).

Pesquisadores, agricultores e instituições governamentais têm interesse em obter esses indicadores de qualidade do solo para avaliar as terras, em relação à degradação, estimar necessidades de pesquisa e de financiamentos e julgar práticas de manejo, a fim de monitorar mudanças nas propriedades e nos processos do solo, na sustentabilidade e na qualidade ambiental, que ocorram no tempo, em resposta ao uso da terra e às práticas de manejo (Lavelle, 2000).

Nos sistemas agroecológicos, o manejo do solo prioriza práticas de rotação, sucessão e consórcio de culturas que adicionem matéria orgânica, por meio do uso de plantas de cobertura ou adubos verdes, associando-se essas práticas ao uso de fertilizantes orgânicos, ou mesmo organominerais, que forneçam nutrientes de forma adequada aos cultivos (Alcântara, 2017).

Por essa razão, um conjunto mínimo de indicadores que englobam atributos físicos, químicos e biológicos, deve ser utilizado nas análises de qualidade do solo,

uma vez que nenhum indicador individual irá descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo (Chaer et al, 2009).

Este estudo é motivado pela escassez de informações e sua relevância para o avanço do conhecimento científico acerca de um ecossistema de suma importância. Além disso, visa contribuir substancialmente ao embasamento de estratégias de intervenção voltadas para o estabelecimento de práticas agrícolas sustentáveis. Através da análise contínua da qualidade do solo é possível discernir a sustentabilidade de um conjunto de práticas agrícolas.

A avaliação da qualidade do solo possibilita o acompanhamento detalhado das mudanças no ecossistema, oferecendo dados essenciais para guiar práticas de manejo ambientalmente sustentáveis.

Deve-se ter em mente a adaptação desses conceitos agroecológicos à realidade na qual serão implementados, de modo a otimizar sua adequação ao desenvolvimento sustentável. Portanto, o propósito primordial deste estudo é avaliar o impacto das práticas de uso e manejo do solo nos atributos biológicos do solo em diferentes sistemas de cultivo (convencional, aléia e vegetação nativa) no contexto do Projeto de Assentamento Nova Amazônia (PANA), situado no município de Boa Vista, Roraima.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características da Savana de Roraima

O Estado de Roraima possui a maior área contínua de savanas da Amazônia brasileira, ocupando uma superfície de 43.197 km², correspondente a 19% do estado (Barbosa et al, 2007). Trata-se, portanto, de um ecossistema único, sem correspondente em outra parte do Brasil, com elevada importância para a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos, fazendo parte do grande sistema de áreas abertas estabelecido entre o Brasil, a Guiana e a Venezuela com mais de 60.000 km² (Campos; Pinto; Barbosa, 2008).

As savanas de Roraima, também denominadas de “Lavrado”, são formadas por mosaicos de vegetação de porte predominantemente herbáceo com diferentes graus de cobertura arbóreo-arbustiva, abrigando também outros tipos de formação vegetal como pequenas áreas de floresta (“ilhas”), matas de galeria e buritizais (Sette-Silva, 1997; Barbosa; Miranda, 2005).

Vanzolini e Carvalho (1991) propõem a denominação de lavrado (termo popular para as savanas de Roraima) para diferenciá-las dos demais cerrados brasileiros, em função da grande abundância de Cyperaceae (plantas herbáceas perenes, semelhante a gramíneas) nessas savanas, além da baixa diversidade florística. Desde a sua constituição há pelo menos 55 milhões de anos, o sistema sofreu transformações em suas unidades de paisagens, como é próprio de um organismo vivo (Vale Júnior; Schaefer, 1997).

Em estudos realizado por Miranda e Absy (2000, p. 10), quatro tipos fisionômicos, com características estruturais bem definidas, foram identificados nas savanas de Roraima: savana graminosa (campo Limpo), savana aberta (campo sujo), savana arborizada (campos cerrados) e savana parque.

Barbosa e Miranda (2004, p. 69) também classificaram quatro divisões: (i) as savanas graminosas, localizada ao longo de toda a bacia do alto rio Branco, caracteriza-se pelos campos que se estendem pelas ondulações do pediplano de Boa Vista, entremeados de lagoas temporárias, às vezes permanentes, e densa rede de drenagem ladeadas por veredas de buritis; (ii) savana densa, são os

“caimbezais” situados quase que integralmente na região oeste do contato da floresta com a savana, a principal espécie arbórea encontrada nesse ecossistema é a *Curatella americana* L. (caimbé); (iii) savana aberta, localizada na bacia do baixo rio Surumu, e em pontilhões esparsos por toda a zona de contato floresta-savana, caracteriza-se por árvores baixas, bem espaçadas; (iiii) savana parque, agrupam-se principalmente na região centro e oeste das savanas, limite com a floresta estacional de transição, entretanto, não são contínuas e podem ser percebidas facilmente em outras áreas. Caracteriza-se por uma distribuição agrupada dos elementos lenhosos, o que pode lhe conferir uma fisionomia em moitas, apresentando uma elevada área basal, densidade de indivíduos e grau de cobertura.

Distribuídas pelas savanas encontram-se outras formações vegetais distintas como (i) pequenas ilhas de florestas, geralmente de forma circular ou elíptica, (ii) matas de galeria às margens dos igarapés ou rios que drenam a região e (iii) matas de buritis (*Mauritia flexuosa* L.) ou buritizais que acompanham pequenos cursos d’água, geralmente estacionais, muito comum principalmente na região da Formação Boa Vista. Embora distantes de uma fisionomia gramínea com esparsas árvores, estes ecossistemas florestais são parte integrante do grande mosaico de unidades vegetais que formam a paisagem geral das savanas de Roraima (Barbosa; Miranda, 2004, p. 74).

Considerando as orientações do Comitê Nacional de Zonas Úmidas (CNZU), Recomendação nº 7 de 11 de junho de 2015, as savanas de Roraima são classificadas como áreas úmidas naturais (MMA, 2015). Cerca de 1% da área de savana de Roraima é coberta por corpos d’água, refúgios montanos e buritizal com características únicas e funções ecológicas que contribuem para regulação e manutenção dos recursos hídricos, habitats de flora e fauna, além de ser ecossistema de trânsito gênicos de diferentes espécies animais e vegetais (Barbosa; Campos; Fearnside, 2007; MMA, 2015).

O clima da região é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, tropical chuvoso com curta duração seca (Araújo et al, 2024). O regime sazonal de precipitação que define as duas estações climáticas (seca e chuvosa), revelam um padrão inverso do que se verifica nas áreas meridionais da Amazônia (Nimer, 1991).

2.2 Projeto de Assentamento Nova Amazônia

O Projeto de Assentamento Nova Amazônia - PANA está inserido em uma área rural do município de Boa Vista, no ecossistema de savana, distância de 35km da capital, o que faz com que a proximidade com a cidade faça dele um modelo diferenciado de assentamento entre os demais existentes no Estado de Roraima (Carvalho, 2018, p. 52).

Foi sob as expensas do Governo Federal brasileiro, por meio do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) - Superintendência Roraima SR/25, que o PANA foi criado em 15 de outubro de 2021. Essa criação ocorreu conforme a Portaria/INCRA/SR25/n°010 publicado no Diário Oficial da União em 15/01/2002, Institutos que deram origem á organização social (Brasil, 2001).

O assentamento enquanto unidade complexa estrutura-se em cinco porções distintas denominadas de Polo 1, Polo 2, Polo 3, Polo 4 e o Polo 5. Os polos 1 e 4 margeiam a BR 174, os demais polos localizam-se no interior do assentamento (Pereira, 2017, p. 26).

De acordo com Costa e Silva (2011, p.7) é predominante o uso de pastagens natural de formação savânica, caracterizada pelo tipo „campo limpo“, com vegetação rasteira do tipo „campo sujo“ intercalada com áreas de vegetação arbórea natural. Essa vegetação se associa a savana parque, onde as matas estão próximos a corpos d'águas.

O PANA está inserido em uma área rural do município de Boa Vista a uma distância de 35 km da capital, o que faz com que a proximidade com a cidade faça dele um modelo diferenciado de assentamento entre os demais existentes no Estado de Roraima (Carvalho, 2018, p. 52).

2.3 Agroecossistemas

Agroecossistemas podem ser compreendidos a partir da associação de inúmeros ecossistemas numa relação de interdependência econômica para a manutenção socioambiental. Seguem princípios da agroecologia (Altieri, 2012, p. 15), produzindo paisagens biodiversas, resilientes e eficientes do ponto de vista energético, socialmente justas, sustentáveis e vinculadas à soberania alimentar. Falar em agroecologia é pensar o sistema ambiental como sendo aberto, complexo e numa dinâmica dialógica entre todas as unidades compostas no sistema ambiental (Silva et al., 2016).

Conforme Altieri (2002), o conceito de Agroecossistemas é entendido como um conjunto de práticas agrícolas e da agroecologia que consiste na aplicação de conceitos e princípios ecológicos para o desenho e manejo de um novo modelo sustentável de produção que conservem o meio ambiente. Seu foco sistêmico é interdisciplinar e conduz a um enfoque que vai além da reflexão meramente da tecnológica, mas o conhecimento e saberes mais antigos.

O conceito de agroecossistemas tem sido empregado para descrever as práticas agrícolas adotadas pela agricultura familiar, que se concentram na distribuição equitativa de recursos visando uma produção sustentável. Esses sistemas tem na população cultivada sua principal unidade funcional, desempenhando um papel crucial no fluxo de energia e na ciclagem de nutrientes dentro do sistema (Antunes, 2020).

Os componentes dos agroecossistemas familiares são representativos de práticas sociais e simbólicas da comunidade, dos agricultores e das organizações, cujos elementos dão condição de um diálogo de sobrevivência e de vida, produção do trabalho e (re)produção cultural (Canalez, 2018).

Muitos agroecossistemas estão em centros de diversidade genética, contendo, populações de plantas cultivadas locais, variadas e adaptadas, bem como de parentes selvagens e silvestres destas diferentes espécies (Noda, 2007), da macro e microfaunas (florestal, aquática e do solo), constituem-se essencialmente em repositórios in situ de diversidade genética (Altieri, 2004).

A predominância de sistemas de cultivo complexos e diversificados imitando a “natureza”, conforme as interações entre plantas cultivadas, animais e árvores resultam em sinergismos benéficos permitindo aos agroecossistemas promover sua própria fertilidade de solo, controle de pragas e produtividade (Altieri, 2004).

Segundo Dent e Boincean (2019 citado por Curcino, 2021, p.12), existe algumas características fundamentais dos ecossistemas naturais consideradas em agroecossistemas que buscam mimetiza-los:

Uma cobertura vegetal perene ou culturas consorciadas, bem como resíduos de culturas que ajudam a proteger a superfície do solo; a observação da estrutura e a especializações das raízes das plantas; um suprimento regular de matéria orgânica, que auxilia na manutenção da atividade biológica do solo; maior diversidade de cultivos que estão integrados à fauna, regulando espécies invasoras e doenças por meio de heterogeneidade nas escalas de campo e paisagem. Esses aspectos são importantes na proteção contra a ação do fogo, erosão e para um melhor aproveitamento de luz, água e nutrientes.

A modificação dos ecossistemas naturais afeta diretamente sua autossuficiência, interferindo sensivelmente nas relações ecológicas e evolutivas das espécies. Os agroecossistemas convencionais, por exemplo, caracterizam-se por um grande incremento de fertilizantes, agrotóxicos, irrigação e máquinas movidas por combustível. Estas ações acabam por reduzir a diversidade biológica presente no sistema, com a seleção de poucas espécies de plantas e animais. Estes fatores motivaram um crescente interesse na adoção de práticas voltadas à mimetização das características naturais dos ecossistemas, considerando uma perturbação mínima do solo, retenção de biomassa e maior diversificação de espécies (Curcino, 2021).

Os indicadores da qualidade do solo desempenham um papel crucial, fornecendo informações sobre os atributos físicos, químicos e biológicos de uma determinada área.

2.4 Qualidade do Solo

O solo é um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre, e representa um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Os principais componentes do solo incluem minerais inorgânicos e partículas de areia, silte e argila, formas estáveis da matéria orgânica derivadas da decomposição pela biota do solo, a própria biota, composta de minhocas, insetos, bactérias, fungos, algas e nematóides e gases como O₂, CO₂, N₂, NO_x (Doran; Sarrantonio; Liebig, 1996 citado por Araújo; Monteiro, 2007).

O conceito de qualidade do solo foi desenvolvido para poder avaliar a condição de um solo sob um manejo específico (Sarmiento; Fandino; Gomez, 2018).

Segundo Doran e Parkin (1996) a qualidade do solo é a capacidade de esse recurso exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas.

Karlen et al. (1997) conceituam quanto ao seu funcionamento, dentro de um sistema natural ou manejado, de forma a sustentar a produtividade vegetal e animal, servindo de meio para o seu crescimento e desenvolvimento, mantendo ou melhorando a qualidade da água e do ar e suportar a saúde humana e habitação.

A perda da qualidade do solo, em seus aspectos químico, físico e biológico, provoca a redução da capacidade do solo em exercer suas funções diversas. A diminuição da qualidade química interfere nos teores de fósforo e nitrogênio, na matéria orgânica, na capacidade de troca catiônica e no pH do solo, enquanto que a perda da qualidade biológica produz efeitos negativos na atividade de enzimas no solo, na biomassa microbiana, no quociente metabólico e nas taxas de mineralização do nitrogênio (Tótola; Chaer, 2002).

A relevância da utilização de indicadores está ligada à expressão da funcionalidade do solo, o que evidencia as deficiências das áreas avaliadas e orienta para a recuperação do solo (Cavalcante et al, 2020). Um bom indicador do solo deve ter a capacidade de interferir nos processos ecológicos, integrar as propriedades físicas, químicas e biológicas, e também ser facilmente utilizável por pessoas (Araújo; Monteiro, 2007).

Portanto, a avaliação do solo, através dos indicadores, é uma alternativa para que os produtores possam reduzir as perdas e proporcionar melhor qualidade ambiental e eficiência no manejo e na qualidade do solo nos agroecossistemas.

2.5 Indicadores de Qualidade do Solo em Agroecossistemas

Qualidade do solo é a capacidade ou especificidade do solo de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana (Doran; Parkin, 1994). Para avaliá-la é preciso fazer uma varredura nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, de forma a verificar se estão favorecendo ou desfavorecendo a qualidade (Alcântara, 2017).

Tais avaliações começam com a coleta de amostras para determinações laboratoriais de atributos químicos, físicos e biológicos. Dentre os químicos, destacam-se os teores de MO e de Al, de macro e micronutrientes e o pH; dentre os físicos, a densidade do solo, a umidade, a capacidade de retenção de água e a porosidade; dentre os biológicos, o carbono da biomassa microbiana. Esse seria um conjunto mínimo de atributos, que pode ser ampliado, dependendo das possibilidades de coleta e análise (Alcântara, 2017).

A seleção de um conjunto de indicadores deve servir para avaliar o sistema e possibilitar seu monitoramento no tempo a fim de fornecer informações que demonstrem se o sistema de manejo utilizado é sustentável; além disso, deve permitir a identificação dos aspectos que precisam ser modificados ou melhorados (Corrêa, 2007).

Os indicadores permitem entender e interpretar um sistema complexo, pois sintetizam informações, mostram o estado contemporâneo das coisas, demonstram se os objetivos estão ou não sendo alcançados e informam o estado atual para os responsáveis pelas decisões sobre o manejo (Bockstaller; Girardin; Werf, 1997).

Para avaliar a qualidade do solo, os indicadores devem ser identificados e analisados quanto à sua sensibilidade a mudanças e distúrbios causados pelo manejo. Uma vez que tenham sido definidos, esses indicadores podem ser

monitorados de forma a avaliar o impacto do manejo adotado sobre a qualidade do solo em médio e longo prazo (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

Na avaliação da qualidade, geralmente utilizam-se técnicas diferenciadas, de acordo com as formas de manejo empregadas e do tipo de solo estudado. Dentre estas técnicas, os indicadores são como ferramentas que permitem a obtenção de informações sobre uma dada realidade local (Marzall; Almeida, 2000), sendo considerados métodos viáveis e de custo relativamente baixo, para a construção do conhecimento.

2.5.1 Indicadores Físicos

Os indicadores físicos são capazes de determinar como estão ocorrendo os processos hidrológicos no solo como: taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Estes indicadores permitem analisar a dinâmica do solo, de modo a justificar possíveis situações observadas nas áreas de estudo, como exemplo, podem-se mencionar que as altas taxas de compactação e presença de erosão podem justificar a ausência de plantas sobre o solo (Freitas et al., 2017).

Geralmente, os principais indicadores físicos, que têm sido utilizados e recomendados são textura; estrutura; densidade do solo; resistência à penetração; porosidade; capacidade de retenção d'água; condutividade hidráulica; e estabilidade de agregados (Araújo et al., 2012).

Avaliação textural é um dos principais indicadores de qualidade e produtividade dos solos, uma vez que influencia na dinâmica da adesão e coesão entre as partículas de solo bem como o manejo dos solos, que, por conseguinte influencia a resistência do solo à tração bem como a dinâmica da água no solo. Além disto, pode ser usado como fator ambiental, pois influencia diretamente nos processos ecológicos, tais como a ciclagem de nutrientes e troca de íons (He et al., 2014).

Os sistemas de uso e manejo de uma área têm grande influência sobre os atributos físicos de qualidade do solo, especialmente nas camadas mais superficiais, onde a compressão mecânica parece ser mais atuante. Klein e Libardi (2002), ao avaliarem um solo submetido a diferentes manejos, observaram alterações na sua estrutura, com aumento da densidade e redução da porosidade total, com

consequente diminuição da condutividade hidráulica, estabelecendo relação entre a degradação da qualidade e a intensidade de uso do solo.

Walker e Reuter (1996, citado por Batista et al., 2013, p.05) explicam que a qualidade física do solo pode ser entendida por meio de sua qualidade estrutural que está intimamente ligada aos processos de infiltração, escoamento superficial, escoamento subsuperficial, drenagem profunda e erosão. Esses mesmos autores afirmam que a função dominante da qualidade física do solo está na regulação do suprimento e armazenamento de muitos dos requerimentos fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, como água e oxigênio.

2.5.2 Indicadores Químicos

O estudo dos atributos químicos do solo permite analisar a fertilidade presente na área (Freitas et al., 2017). Estes indicadores podem ser avaliados através de diversos aspectos como: teor de matéria orgânica, acidez do solo, conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos, relações como saturação de bases e de alumínio, capacidade de troca de cátions (CTC), óxidos de ferro e óxidos de alumínio (Araújo et al., 2012, Freitas et al., 2017).

Medidas que expressam a disponibilidade de nutrientes, como cálcio e magnésio trocáveis, fósforo, potássio, micronutrientes, assim como suas relações são importantes para avaliar qualidade de solo entre diferentes sistemas de manejos (Araújo et al., 2012).

Avaliação das variáveis química do solo e matéria orgânica do solo (MOS) constitui a base fundamental para a produtividade agrícola sustentável, pois através dos seus efeitos diretos, é capaz de modular as condições químicas, físicas e biológicas do solo, e conseqüentemente, a eficiência nutricional, sendo considerada uma importante indicadora da qualidade do solo. Ela é considerada fonte de nutrientes às plantas, influencia a infiltração, retenção de água, estruturação e susceptibilidade do solo à erosão, atua também sobre outros atributos, tais como: capacidade de troca de cátions, ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos do solo e estimulação da biota do solo (Conceição et al., 2005; Ungera et al., 1991).

No estudo realizado por Costa et al. (2019) no sistema de permacultura, todo resíduo vegetal produzido é depositado no solo e a cada replantio é realizada a adubação com fertilizantes orgânicos (esterco bovino) e de outros resíduos de compostagem, o que pode explicar o maior nível de P encontrado neste ambiente. Na área de SAF nenhum tipo de adubação foi realizado, e o maior quantitativo de K encontrado neste ambiente, comparado aos demais, é proveniente da decomposição de material vegetal depositado no solo. Os valores de K e P também foram maiores em um sistema de plantio direto.

O manejo da matéria orgânica do solo (MOS) é um aspecto central na criação de solos saudáveis, ou seja, que mantém alta atividade biológica e possui boas características físicas e químicas. A MOS melhora a capacidade de retenção de água do solo, um aspecto essencial para a resiliência dos sistemas agrícolas, já que esse atributo permite o aumento da tolerância às secas (Magdoff; Weil, 2004, citado por Nicholls et al., 2015, p. 15).

Para Zandonadi et al. (2014, p.24) os estudos tem demonstrado que na natureza e o aumento da quantidade de MOS causam efeitos positivos no funcionamento dos ecossistemas como um todo, e os solos de ecossistemas tropicais são beneficiados pela presença e aumento da MOS, pois esses solos em geral são pobres em nutrientes para as plantas, e as plantas dependem da ciclagem dos nutrientes contidos nos resíduos vegetais, além do papel fundamental no ciclo global do carbono, como fonte ou dreno, o que leva sua participação de relevância nas emissões de gases do efeito estufa.

O tipo de cobertura vegetal e manejo influencia na qualidade química dos solos. Áreas de sistemas de cultivo agroecológicos, especialmente aqueles com cobertura vegetal mais diversificada apresentam maior qualidade química (atributos relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas) nos solos comparados aos demais sistemas de cultivo. Assim, para incremento e manutenção de propriedades químicas nos solos, a adoção de práticas e sistemas de cultivos de base agroecológica podem ser boas alternativas e, assim, contribuir para a redução do uso de fertilizantes sintéticos nos cultivos agrícolas (Costa et al., 2019).

O cultivo em aléias é uma alternativa promissora para a implantação de agrossistemas familiares, com menor utilização de insumos, por causa de sua

eficiência na reciclagem de nutrientes e consiste no plantio de arbustos ou árvores com crescimento rápido e preferencialmente que tenham simbiose com bactérias fixadoras de N, em fileiras suficientemente espaçadas entre si, para permitir o plantio de culturas alimentares ou comercial entre elas. Esta prática visa a manutenção das condições físicas, químicas e biológicas no solo (Kang et al. 1997 citado por Vasconcelos et al., 2012, p.2).

2.5.3 Indicadores Biológicos

Os atributos do solo, bem como sua qualidade, são influenciados por diversos fatores, principalmente, pelos organismos que o habitam. Devido a sua importância para a manutenção do equilíbrio do ecossistema, os atributos biológicos do solo têm sido utilizados, nos últimos anos, para indicar a qualidade do solo (Mendes et al., 2015). O estudo de indicadores biológicos de qualidade do solo é muito importante para entender os processos ecológicos que ocorrem em áreas perturbadas ou em processo de recuperação, afirmam Oliveira Filho et al. (2014).

Os indicadores biológicos, como a biomassa microbiana do solo, o nitrogênio mineralizável, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico, são importantes tanto no que se refere à ciclagem dos nutrientes, como também na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal (Araújo et al., 2012).

Os processos de formação, cobertura, tipos de uso e manejo do solo, influenciam as características e propriedades biológicas dos solos nos quais exprimem variabilidades que podem ser dependentes ou não do ponto de vista espacial. Isto foi confirmado por Conceição et al. (2005), ao estudarem a qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo, na qual pode-se concluir que os indicadores biológicos foram eficientes para discriminar a qualidade do solo induzida por sistemas de manejo (Batista et al., 2013).

Carbono da biomassa microbiana-CBM

A biomassa microbiana é um dos componentes que controlam funções-chaves no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais. Representa, ainda, uma reserva considerável de nutrientes, os quais são continuamente assimilados durante os

ciclos de crescimento dos diferentes organismos que compõem o ecossistema (Araújo; Monteiro, 2007, p.68).

Em estudos realizados por Júnior e Mendes (2007, p.09) relatam que correlações positivas entre a matéria orgânica e a biomassa microbiana do solo são comumente reportadas, mostrando ser essa uma relação bastante estreita. Alterações significativas na biomassa microbiana podem ser detectadas com antecedência quando comparadas às mudanças na matéria orgânica. Assim, a avaliação da biomassa microbiana tem sido proposta como um indicador do estado e das alterações da matéria orgânica do solo e sugerida como uma medida sensível do aumento, ou decréscimo de sua quantidade.

Respiração basal do solo-RBS

A respiração basal do solo-RBS é um indicador muito importante no entendimento das atividades metabólicas do solo por expressar a liberação de CO_2 pela atividade decompositora, principalmente dos fungos e bactérias (Alvarez et al., 1995), a respiração por si só, não é suficientemente elucidativa das condições do solo, pois pode ser aumentada pelo crescimento da comunidade microbiana metabolicamente ativa, mas também por condição estressante imposta ao meio. Por exemplo, Souza et al., (2010) ao avaliar o impacto de diferentes formas de manejo da pastagem sobre a biomassa microbiana e sua atividade em sistema de integração lavoura pecuária, observaram aumento na respiração microbiana do solo sob condições de estresse hídrico. No entanto, é necessário relacionar a atividade respiratória com a atividade microbiana, o que é feito através do Quociente Metabólico ($q\text{CO}_2$).

Quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) sua avaliação merece destaque, pois reflete o padrão de entrada da matéria orgânica no solo e a eficiência do uso dos substratos pelos microrganismos, conseqüentemente corroborando o entendimento das perdas e transformações desta no solo (Aragão, 2018).

Quociente microbiano- $q\text{Mic}$ este representa a relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total, produto da acumulação de resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos e parcialmente

ressintetizados (Barreto et al., 2014). O quociente microbiano reflete o percentual de reserva de carbono orgânico total do solo (Silva et al., 2010).

Atividade enzimática

Enzimas são biomoléculas da classe das proteínas que atuam como catalizadores para aumentar a velocidade das reações bioquímicas (Manisha, 2017, P. 24). No solo as enzimas são essenciais para a transformação e ciclagem de nutrientes (Kandeler, 2015, p. 24).

Em estudo realizado por Araújo e Monteiro (2007, p. 70) as enzimas são mediadoras do catabolismo biológico dos componentes orgânico e mineral do solo. A atividade enzimática do solo possui as características de: a) ser relacionada com a matéria orgânica, com as propriedades físicas e com a atividade e biomassa microbiana; b) ser um claro indicador de mudanças na qualidade do solo; c) envolver metodologias simplificadas.

Os estudos enzimáticos mais frequentes estão ligados ao metabolismo do C e dos macronutrientes C, N, P e S, como a celulase, urease, fosfatases ácida e alcalina e a arisulfatase respectivamente (Souza, 2013, p. 24).

Na tabela 1 encontram-se as enzimas estudadas no processo de manejo do solo no PANA.

Tabela 1- Enzimas indicadoras da qualidade do solo.

Enzimas do solo	Reação enzimática	Atividade indicadora
Arisulfatase	Liberação de SO_4^-	Ciclagem de S
β -glicosidase	Hidrólise da celobiose	Ciclagem de carbono
FDA	Hidrólise	Atividade enzimática

Avaliação da atividade enzimática arisulfatase que são enzimas responsáveis pela hidrólise de ésteres de sulfato no solo, ocorrem em diferentes tipos de solo e apresentam correlação elevada com a biomassa microbiana (Tabatabai, 1994; Kertesz; Mirleau, 2004).

A β -glicosidase que atua hidrolisando os oligossacarídeos e a celobiose, resultando em produção de glicose, fonte de energia preponderante para a pedobiota (Esen, 1993; Singhanian et al., 2013). Atua na etapa final do processo de decomposição da celulose. Essa enzima é responsável pela hidrólise dos resíduos celobiose, formando o açúcar simples, sendo a celobiose um dissacarídeo de rápida decomposição no solo (Matsuoka et al. 2002, p. 18).

Hidrólise de diacetado de fluoresceína-FDA essa atividade enzimática tem papel chave, pois catalisa diversas reações importantes para a manutenção da atividade microbiana atuando principalmente na decomposição de resíduos orgânicos, na formação da matéria orgânica do solo e na ciclagem de nutrientes no solo (Moreira; Siqueira, 2006).

Em estudo realizado por Rocha (2021), em relação às análises enzimáticas foi constatado que a concentração da enzima β -glicosidase foi significativamente superior nas amostras cultivo agroecológico em relação às amostras de solo de pasto. A maior concentração dessa enzima nas áreas de cultivo agroecológico se deve possivelmente à maior quantidade de resíduos vegetais no solo que são provenientes da grande diversidade de vegetação perenes desse cultivo e também pelas práticas de reciclagem de biomassa utilizada pelos produtores rurais.

Portanto, a avaliação desses indicadores pode orientar os agricultores em sua decisão sobre como gerenciar seus sistemas de produção, resultando em maior qualidade do solo e, conseqüentemente, em melhor produção de culturas e pela carência de informações e contribuição ao conhecimento científico sobre esse importante ecossistema. Como forma de melhorar a qualidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo, surge a agroecologia como alternativa para minimizar os impactos ambientais causados nos agroecossistemas.

2.6 Agroecologia

A Agroecologia surgiu em 1930 e se fortaleceu a partir da década de 70. No seu caminho ela vem incorporando elementos de diversas ciências, como a ecologia, a sociologia, a antropologia, a geografia e a pedagogia. Por outro lado, ela tem suas raízes na prática tradicional de muitos agricultores e comunidades rurais ao redor do mundo. É a combinação entre os conhecimentos dessas comunidades e

aqueles acumulados por esta ciência mais aberta, que vem garantindo o sucesso crescente das Agroecologia agriculturas de base ecológica (Mutuando, 2005).

A agroecologia é definida por Gliessman (2001) como a ciência que estuda e aplica os conceitos da ecologia no manejo dos agroecossistemas. Entende-se por agroecossistema não só o sistema agrícola, mas também suas relações com os aspectos ambientais e sociais que dele dependem e dos quais ele próprio depende, ou seja, consideram-se as relações do sistema de produção com todo o seu entorno físico: ambiente (solo, clima, água, plantas...) e seres humanos (produtores, consumidores, mercados, comunidades...).

Para Altieri (2004), a agroecologia fornece as bases científicas para uma agricultura com maior grau de sustentabilidade. Essas bases científicas visam justamente subsidiar os agroecossistemas para que sejam rentáveis economicamente e, ao mesmo tempo, ambientalmente saudáveis e socialmente equilibrados.

A agroecologia subsidia cientificamente todas as formas alternativas de agricultura, que, por sua vez, seguem, em maior ou menor grau, os princípios agroecológicos, entre os quais um dos mais importantes é o manejo adequado do solo (Alcântara, 2017).

Dentre os princípios agroecológicos está a valorização do solo como um dos pilares da manutenção da vida, juntamente com a água e com a agrobiodiversidade. Quando um desses pilares é, de alguma forma, deteriorado, dá-se o empobrecimento e a insustentabilidade de um ambiente e, conseqüentemente, dos seres humanos que dele dependem. Por isso, a manutenção e a melhoria da fertilidade do solo são uma das prioridades da pesquisa em agroecologia (Alcântara, 2017).

A agroecologia visa minimizar os insumos externos sintéticos e tóxicos e promove processos ecológicos e serviços ecossistêmicos para o desenvolvimento e implementação de práticas agrícolas (Wezel et al., 2020). Essa prática visa redesenhar o sistema alimentar, englobando as dimensões ecológica, econômica e social da sustentabilidade, por meio de pesquisas e ações transdisciplinares e participativas. Esse tipo de manejo pode ser utilizado para a prestação de serviços

ecológicos específicos, como para o controle de pragas, controle de plantas daninhas e melhora da fertilidade do solo (Ciaccia et al., 2019; Wood et al., 2015).

Modelos agrícolas alternativos, como a agroecologia, têm sido adotados para reduzir os impactos ambientais e sociais negativos associados à agricultura convencional (Skrzypczyński et al., 2021). Esse movimento surge como uma resposta à utilização excessiva de insumos agroquímicos, à mecanização intensiva e às monoculturas, práticas que degradam o solos, reduzem a biodiversidade e causam poluição (Wach, 2021). A crescente demanda por alimentos saudáveis e produção sustentável tem impulsionado a adoção de sistemas agroecológicos (Lima et al., 2020).

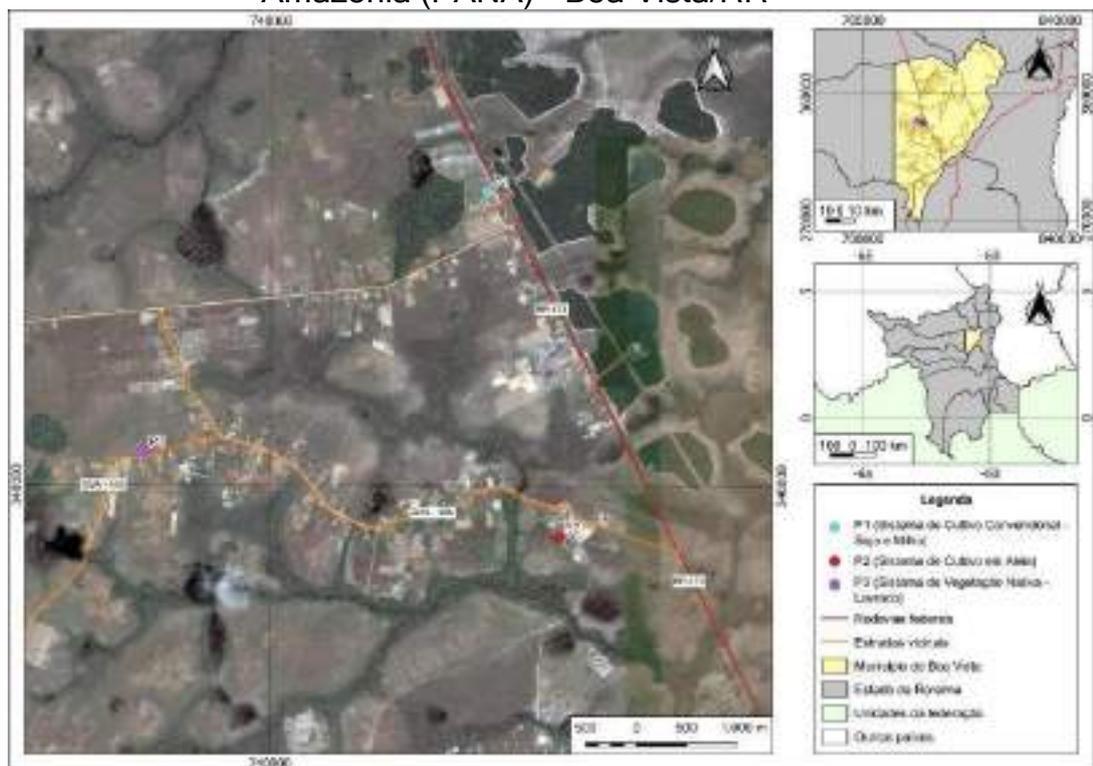
A agroecologia aborda os aspectos ecológicos e sociais da interação entre a agricultura e o meio ambiente, incentivando a compreensão dos agroecossistemas. Ela valoriza o conhecimento dos agricultores, promove a biodiversidade nos sistemas produtivos e busca restaurar a estabilidade natural dos agroecossistemas. Essa abordagem orienta um manejo cuidadoso, visando evitar danos irreparáveis, e prioriza a restauração do equilíbrio por meio do aumento e da manutenção da biodiversidade (Altieri, 2017, p.16).

Num sentido mais amplo, a Agroecologia se concretiza quando, simultaneamente, cumpre com os preceitos da sustentabilidade econômica (potencial de renda e trabalho, acesso ao mercado), ecológica (manutenção ou melhoria da qualidade dos recursos naturais e das relações ecológicas nos agroecossistemas), social (inclusão das populações mais pobres e segurança alimentar), cultural (respeito e valorização das culturas tradicionais), política (organização para a mudança e participação nas decisões) e ética (valores morais transcendentais) (Lopes; Lopes, 2011, p.20).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Projeto de Assentamento Nova Amazônia (PANA), localizado no município de Boa Vista, zona rural, estando distante 35 km da zona urbana, margem esquerda da Rodovia Federal BR 174, sentido Venezuela. Barbosa e Melo (2010), colocam que “A paisagem do lavrado, apesar de ser dominada por uma vegetação aberta, também abriga ilhas de mata de tamanhos variável, além de áreas florestais associadas ao curso d’água e encostas de serras”. O PANA, gleba Cauamé, localiza-se nas coordenadas geográficas 03°04’09,7” de latitude Norte e 60°48’48,0” de longitude Oeste, no espaço agrário de Boa Vista, capital de Roraima, encravado no sistema ambiental do Lavrado (Pereira, 2017). Conforme o mapa de localização na Figura 1.

Figura 1- Mapa de localização da área de estudo no Projeto de Assentamento Nova Amazônia (PANA) – Boa Vista/RR

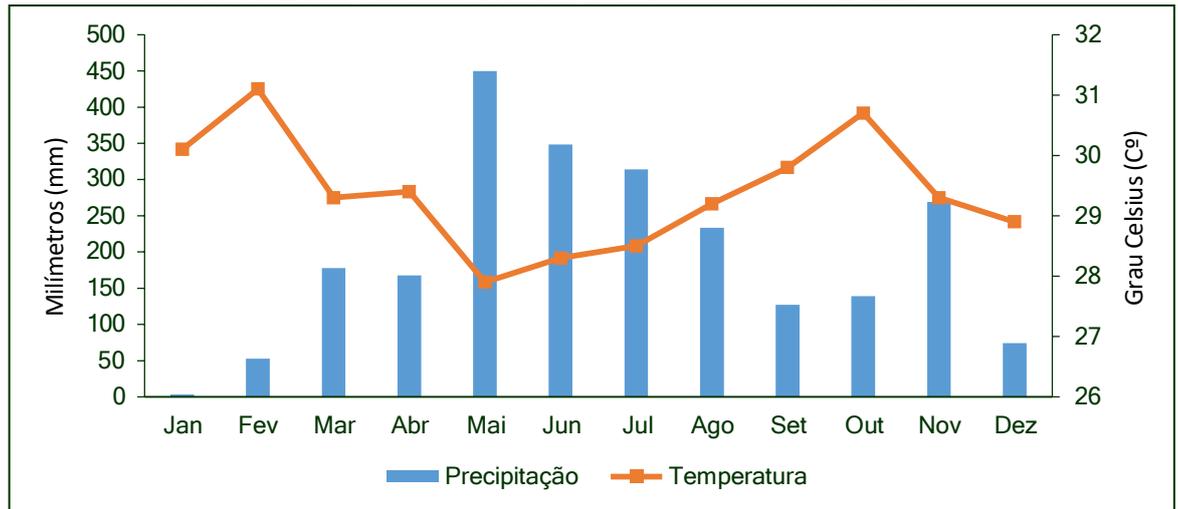


Fonte: Indhyra Jonnya Queiroz de Magalhães, 2024.

O clima da região é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, tropical chuvoso com curta duração seca (Araújo et al, 2024). Os solos das áreas escolhidas estão localizadas em um solo classificado como Latossolo com mediana acidez e baixa fertilidade (Carvalho, 2018). As amostras de solo foram coletadas em

setembro de 2022, no final do período da estação chuvosa, em pontos georreferenciados. As condições meteorológicas do período em que foram realizadas as coletas no PA Nova Amazônia, município de Boa Vista estão apresentadas na Figura 2.

Figura 2- Precipitações mensais (mm) e temperatura (°C) do período em que foram realizadas as coletas de solo avaliadas em 2022.



Fonte: Indhyra Jonnya Queiroz de Magalhães, 2024.

3.1 Ferramentas e Procedimentos

Os dados foram coletados em diferentes sistemas de uso e manejo do solo, sendo selecionadas 03 (três) áreas para coleta de amostras de solo que foram: o sistema de cultivo convencional com soja/milho, cultivo em aléia e área de vegetação nativa (lavrado).

3.1.1 Caracterização das áreas de estudo

O Sistema de cultivo convencional com soja/milho (03°06'01''N e 60°49'16'' W), segundo relatos do produtor, é uma área de 25 hectares, conforme foto 3, foi iniciado em 2006 com plantio de arroz, que se estendeu até 2008. A partir de 2009 iniciou o plantio de soja transgênica. No caso do milho transgênico só iniciou em 2020. O maquinário é utilizado desde o preparo do solo até a colheita. Na área foram utilizados adubos químicos NPK (10-20-20), FTE e dissecantes, o plantio de soja e milho é feito em rotação de cultura na área e o plantio é realizado em períodos chuvosos.

Figura 3- Imagem do sistema de cultivo convencional soja/milho, localizado no assentamento PANA - Boa Vista/RR



Fonte: Indhyra Jonnya Queiroz de Magalhães, 2024.

A área sob cultivo em aléia (Figura 4), que é um modelo de sistema agroflorestal que consiste no estabelecimento de espécies arbóreas ou arbustivas em fileiras espaçadas o suficiente entre si, permitindo o cultivo de outras culturas agrícolas entre as fileiras das árvores (Kang, 1997). Corresponde a uma área localizada nas dependências da escola agrotécnica da Universidade Federal de Roraima - Eagro/UFRR (03°06'9"84"N, 60°8'14"58"W), com uma área total de 1.155 m². Sua instalação se deu no ano de 2013 com o preparo do solo usando de calcário dolomítico, seguido de gradagem leve para incorporação da vegetação existente no local. O plantio das gliricídias se deu por estaquia em fileiras com espaçamento de 3,5 m entre linhas e 2,5 m entre as plantas. Após o plantio foi realizada a semeadura de leguminosas herbáceas de forma aleatória e o solo foi deixado em pousio até o ano de 2015. Em 2016, a área começou a ser utilizada para fins experimentais, sendo campo para o cultivo de diversas plantas como: feijão guandu anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna preta (*Mucuna pruriens*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*), milho (*Zea mays*), gramíneas (*Brachiaria* spp), melão (*Cucumis melo*) e tomate (*Solanum lycopersicum*). Os adubos e fertilizantes usados eram esterco de aves fervido, compostagem, húmus de minhoca e chorume (Brasil, 2022, p.23).

Figura 4 - Imagem do sistema em aléia, localizado no assentamento PANA - Boa Vista/RR.



Fonte: Indhyra Jonnya Queiroz de Magalhães, 2024.

A área de vegetação nativa (lavrado) (Figura 4) ($03^{\circ} 04' 37''$ N e $60^{\circ} 51' 07''$ W), caracteriza-se pelos campos que se estendem pelas ondulações do pediplano de Boa Vista, entremeados de lagoas temporárias, às vezes permanentes, e densa rede de drenagem ladeada por veredas de buritis (Barbosa; Miranda, 2004). A vegetação dominante desse ambiente é formada por uma camada de gramíneas e ciperáceas em algumas áreas francamente abertas, em outras elas são entremeadas por vegetação arbustiva, como o caimbé (*Curatella americana*) e murici (*Byrsonima spp*) e árvores como sucuuba (*Himatanthus articulatus*) e sucupira do campo ou paricarana (*Bowdichia virgilioides*) (Oliveira, 2011).

Figura 5 - Imagem do sistema de vegetação nativa (lavrado), localizado no assentamento PANA - Boa Vista/RR.



Fonte: Indhyra Jonnya Queiroz de Magalhães, 2024.

3.1.2 Coleta de dados e variáveis avaliadas

Para determinação dos atributos biológicos foram coletadas amostras de solo deformada na profundidade de 0-20 cm, distanciadas de 10m uma da outra, com o auxílio do trado holandês e acondicionadas em sacos plásticos e transportados para o laboratório da Universidade Estadual de Roraima onde ficaram armazenados em refrigerador até análise.

As análises dos atributos físicos e químicos e biológicos dos solos foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Lavras-MG. Os resultados das variáveis químicas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2- Resultados das variáveis químicas em diferentes sistemas de uso e manejo do solo no Projeto de Assentamento Nova Amazônia (PANA/RR) em Roraima.

VARIÁVEIS	Sistemas		
	Soja/Milho	Lavrado	Aléia
pH (CaCl3)	4,05	5,58	6,5
CO Total (dag/kg)	3,45	3,58	1,96
MO (dag/kg)	5,95	6,17	3,39
P (mg/dm3)	22,03	3,2	55,07
K (mg/dm3)	29	15	36
Ca + Mg (cmolc/dm3)	2,21	0,15	3,69
Al (cmolc/dm3)	0,04	0,46	0,03
H + Al (cmolc/dm3)	5,46	7,01	0,75
SB (cmolc/dm3)	2,28	0,19	3,78

CTCpH (cmolc/dm ³)	7,75	7,2	4,53
t (cmolc/dm ³)	2,32	0,65	3,81
V (%)	29	3	83
m (%)	1,7	70,9	0,8

De forma a representar os ambientes estudados, em cada ambiente foram realizadas cinco repetições, sendo, cinco amostras simples em cada repetição gerando uma amostra composta, de acordo com a Figura 06.

Figura 6 - Esquema de amostragem de solo nos ambientes estudados no Projeto de Assentamento Nova Amazônia - Boa Vista/RR.



Fonte: Indhyra Jonnya Queiroz de Magalhães, 2024.

As variáveis que foram avaliadas e os métodos utilizados na avaliação dos atributos físicos, químico e biológicos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo e métodos utilizados para sua determinação.

Atributo	Método	Referência
Físico		
Granulometria do Solo	Pipeta	Embrapa (1997)
Químico		
Acidez do Solo	Determinação por meio do peagâmetro	Embrapa (1997)
Al ⁺³ , Ca ⁺² e Mg ⁺²	Cloreto de potássio	Embrapa (1997)
H + Al	Acetato de cálcio	Embrapa (1997)
K e P	Uso de extrator de Mehlich ⁻¹	Embrapa (1997)
MOS	Oxidação por dicromato de potássio	Embrapa (1997)
Biológico		
Carbono da biomassa microbiana	Fumigação e extração	Vance et al. (1987)

Respiração microbiana do solo	CO ₂ evoluído com extração pelo NaOH	Alef & Nannipieri (1995)
Quociente metabólico - qCO_2	Relação entre respiração e o carbono da biomassa microbiana	Anderson & Domsch (1993)
Quociente microbiano - $qMic$	Relação entre carbono da biomassa microbiana e carbono orgânico total	Anderson & Domsch (1993)
Arisulfatase	Quantificação colorimétrica com p-nitrofenol	Tabatabai e Bremner (1970)
B-glicosidade	Quantificação colorimétrica com p-nitrofenol	Eivazi e Tabatai (1988)
Hidrólise de diacetato de fluoresceína-FDA	Quantificação de fluoresceína hidrolisada	Schnurer e Rosswall (1982)

3.1.3 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância (One Way ANOVA), e o teste de médias, utilizando o teste de Tukey a 5 % de significância. Posteriormente, todas as análises físicas, químicas e biológicas, foram submetidas a análise de componentes principais (ACP). Através de combinações lineares, foram encontrados os eixos que melhor explicam a variação dos dados, considerando-se a relação entre as amostras e os descritores. Em nossa análise foram considerados os dois primeiros eixos, responsáveis por capturar a maior parte da variação dos dados, que foram a seguir representados no espaço multidirecional.

3.1.4 Análise granulométrica

A análise granulométrica do solo foi feita através do triângulo textural, considerando-se o balanço entre os teores de areia, silte e argila determinados em laboratório, sendo classificado como franco arenosa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo, variaram entre 45,48 (mg de C kg⁻¹) para o sistema de soja/milho, 81,2 (mg de C kg⁻¹) em aléia e 130,11 (mg de C kg⁻¹) de solo seco no lavrado, respectivamente (Tabela 4).

A análise de variância evidencia que houve diferença significativa ($p < 0,05$ %) no teor de CBM entre as áreas de lavrado e soja/milho. O lavrado com sua vegetação nativa, apresentou os maiores teores de CBM (Tabela 4), o que pode estar associado a microbiota do solo nesse sistema natural, favorecida por uma vegetação nativa de gramíneas, ciperáceas e vegetação arbustiva e densa rede de drenagem ladeada por veredas de buritis, o que propicia a heterogeneidade das fontes de carbono. A biomassa microbiana pode ter sido, também, estimulada em decorrência do elevado efeito rizosférico da gramínea existente no local. Carneiro et al (2009) relatam que um sistema radicular abundante e agressivo, alocam uma fração maior do carbono fotossintetizado para as raízes e podem ser mais eficientes em aumentar os estoques de carbono no solo, o que pode explicar o valor de $qMIC$ (Tabela 4) nesse sistema. Em estudos realizados por D'Andréa et al. (2002) e Cardoso et al. (2009) o maior teor de $qMIC$ foi detectado no Cerrado nativo (CN), notadamente na profundidade de 0-10 cm. Isso indica uma condição mais favorável a microbiota do solo, atribuída, possivelmente, ao maior aporte contínuo e variado de substratos orgânicos provenientes da maior diversidade de espécies na vegetação nativa e com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição. Matsuoka et al. (2003) ressaltam ainda que condições mais favoráveis para a biomassa microbiana em solos sob vegetação nativa podem ser atribuídas ao acúmulo de serapilheira, que condiciona menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade.

Para os valores de RBS, não houve diferença significativa entre os ambientes estudados, os teores variaram entre 9,17 (mg de C-CO₂ kg⁻¹) para o sistema soja/milho, 11,89 (mg de C-CO₂ kg⁻¹) para o sistema de lavrado e 20,79 (mg de C-CO₂ kg⁻¹) solo seco para o sistema em aléia, sendo o menor valor observado no sistema convencional de soja/milho (Tabela 4), com o uso agrícola a respiração basal do solo é reduzida quando se utilizam métodos de preparo com intenso

revolvimento do solo, o que pode explicar um baixo valor no teor de $qMIC$ (Tabla 4) atribuído tanto ao intenso manejo do solo, característico do monocultivo, como também ao uso frequente de agrotóxicos. Além dos efeitos associados à remoção da vegetação nativa e intensidade de manejo do solo, as reduções no $qMIC$, possivelmente, também refletiram alterações associadas à quantidade e à qualidade dos resíduos vegetais disponíveis à microbiota (Gama-Rodrigues et al., 2008; Silva et al., 2009).

O sistema convencional soja/milho obtiveram valores nos teores de CBM e RBS relativamente baixos em comparação ao outro sistema estudado (Tabela 4), possivelmente pelas mudanças no uso do solo associadas ao sistema de manejo, à utilização de maquinários pesados, fertilizantes e pesticidas, o que tem proporcionado alterações nas propriedades biológicas do solo nesse sistema. A redução no teor de MO em solos agrícolas são os principais indutores de degradação do solo. A retirada da vegetação original e as práticas de manejo inadequadas modificam as propriedades limitando sua utilização agrícola. Valores de CBM e RBS encontrados nesse sistema podem estar relacionados com as circunstâncias em que se encontra a microbiota ao qual pode estar sobre algum fator de estresse ou a baixa qualidade nutricional de matéria orgânica. De acordo com Maluche-Baretta et al. (2007), quanto maior a perturbação efetuada numa área, como as causadas por práticas de aração e gradagem maior tende a ser a variação na biomassa microbiana.

Solos sob cultivos agrícolas não apresentam um aporte significativo de material orgânico, pois as práticas agrícolas afetam diretamente a biomassa, o que corrobora com os estudos de Gazdag et al. (2019, p.20) ao afirmarem que as áreas de manejo orgânico obtiveram uma maior respiração basal que as áreas de manejo convencional.

O maior valor de RBS foi encontrado no sistema em aléia (Tabela 4), por se tratar de um modelo de sistema agroflorestal, permitindo o cultivo de outras culturas agrícolas e por ser similar ao ecossistema natural, indicando maior atividade decompositora da biomassa microbiana, onde as condições favorecem a decomposição dos resíduos, o que explica a maior concentração da atividade enzimática provenientes da grande diversidade de vegetação perene desse cultivo e também pelas práticas de reciclagem de biomassa utilizada no ambiente, o que

contribui com uma maior concentração de K, P, Ca e Mg (Tabela 2), por se tratar de um sistema agroecológico e condições adequadas para intemperismo mineral com temperatura e umidade ideais, o que pode estar associado ao teor de q_{Mic} mais elevado (Tabela 4), por se tratar de um solo mais favorável a microbiota.

Tabela 4 - Resultados das variáveis biológicas em diferentes sistemas de uso e manejo do solo no Projeto de Assentamento Nova Amazônia (PANA/RR) em Roraima.

VARIÁVEIS	Sistemas		
	Soja/Milho	Lavrado	Aléia
CBM (mg de C kg ⁻¹ solo seco)	45,48*	130,11*	81,2
RBS (mg de C-CO ₂ kg ⁻¹ solo seco dia ⁻¹)	9,17	11,89	20,79
q_{CO_2} (mg de C-CO ₂ mg de C-BM ⁻¹ dia ⁻¹)	0,22	0,1	0,47
q_{MIC} (mg de C-CO ₂ mg de C-BM ⁻¹ dia ⁻¹)	0,07	0,21	0,23
FDA (mg Fluoresceína kg ⁻¹ solo seco 3h ⁻¹)	166,31	229,42*	143,87*
Arisulfatase (µg PNF g solo seco ⁻¹ h ⁻¹)	13,14	9,96*	36,72*
β-GLICO (µg PNF g solo seco ⁻¹ h ⁻¹)	36,57*	19,79*	39,86

Carbono da biomassa microbiana (CBM); Respiração basal do solo (RBS); Quociente metabólico (q_{CO_2}); Quociente microbiano (q_{MIC}); Hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA); Arisulfatase (ARIL); β-glicosidase (GLICO). (*) representam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey 5% de significância.

Para a variável q_{CO_2} , com teores de 0,1 (mg de C-CO₂) no sistema de lavrado, 0,22 (mg de C-CO₂) no sistema soja/milho e 0,47 (mg de C-CO₂) no sistema em aléia, não foram observadas diferenças significativas entre os ambientes. Os valores baixos encontrados nos três sistemas estudados sugerem que a qualidade e a disponibilidade do carbono permaneceram estáveis.

Sistemas de manejo em que a comunidade microbiana do solo é pouco perturbada contribui para maior sustentabilidade. Segundo Silva et al. (2010, p. 939) índices de respiração menores reflete ambientes mais próximo do seu estado de equilíbrio. Por outro lado, valores mais elevados de q_{CO_2} indicam que a BMS está sendo menos eficiente ou sob situação estressante. Alves et al. (2011) concluem que a taxa de respiração mais elevada pode ser desejável ou não, pode indicar tanto distúrbio, quanto um alto nível de produtividade do ecossistema, devendo ser analisada em cada contexto. Em estudos realizados por Balota et al. (1998) a respiração basal por unidade de biomassa microbiana diminui em agroecossistemas

mais estáveis, porém com a cobertura da vegetação ocorre decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais, aumentando o quociente metabólico.

Contudo, Mendes et al. (2020, p.35) destacam que mais do que as análises do carbono, as análises enzimáticas têm a capacidade de representar a saúde do solo onde os sistemas conservacionistas apresentam melhores resultados em comparação aos demais.

Os valores encontrados para atividade de hidrólise de FDA ($143,87 \text{ mg fluoreceína kg}^{-1}$) no sistema em aléia, $229,42 \text{ (mg fluoreceína kg}^{-1})$ no lavrado e $166,31 \text{ (mg fluoreceína kg}^{-1})$ em soja/milho, β -glicosidase $19,79 \text{ (}\mu\text{g PNF g)}$ no lavrado, $39,86 \text{ (}\mu\text{g PNF g)}$ em aléia e $36,57 \text{ (mg fluoreceína kg}^{-1})$ em soja/milho e arilsulfatase $9,96 \text{ (}\mu\text{g PNF g)}$ no lavrado, $36,72 \text{ (}\mu\text{g PNF g)}$ em aléia e $13,14 \text{ (}\mu\text{g PNF g)}$ em soja/milho, apresentaram variações significativas entre os diferentes sistemas de manejo do solo, esses resultados demonstram que as enzimas analisadas nesse estudo foram sensíveis ao mostrar diferença entre os sistemas. Através da hidrólise de diacetato de fluoreceína FDA (Tabela 4), foi possível observar que as enzimas são bastante sensíveis e afetadas por qualquer que seja o manejo, pois no sistema de lavrado, onde o sistema não foi modificado é notória a alta eficiência de suas atividades. Já nos sistemas em que houve práticas de manejo a atividade dessas enzimas foi reduzida, atribuindo essa redução a sensibilidade dessas enzimas ao manejo do solo. Em estudos realizados por Alves et al (2011), em solos de vegetação nativa não há o revolvimento, resultando em maior presença de raízes, mantendo as hifas fúngicas intactas, que são facilmente destruídas por ações que perturbam a estrutura do solo, o que explica a maior atividade no sistema de lavrado.

Nesse mesmo sistema, foram encontrados valores mais altos de matéria orgânica com teor de $6,17 \text{ (dag/kg)}$. A MO é considerada o componente principal de fertilidade do solo e está ligada a disponibilidade de nutrientes, atuando como fonte de carbono e energia para os organismos, apresentando uma maior deficiência de P, Ca, Mg e K (Tabela 2), nesse sistema, o que pode estar relacionado a textura arenosa dos solo e que pode ser prejudicial ao desenvolvimento das plantas no local, uma vez que esses nutrientes não se encontram acessíveis no solo, principalmente em solos arenosos na qual a CTC é naturalmente baixa e pelas

perdas por lixiviação de nutrientes, o que influencia o teor de Al, aumentando a acidez do solo, o que explica um alto índice de saturação de alumínio (m) (Tabela 2).

A dinâmica da matéria orgânica é influenciada não só pelo manejo por meio da seleção de culturas e formas de preparo no solo, mas também pela adição de fertilizantes e materiais orgânicos, que influenciam nos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica (Leite et al., 2003). Esse autor, comparando solo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica, verificou que a presença de adubação orgânica aumentou os estoques de carbono orgânico, em relação aos sistemas de produção com adubação mineral o que a considera como uma estratégia de manejo importante à conservação da qualidade do solo.

Foram registradas atividade das enzimas β -glicosidase e arisulfatase que estão diretamente relacionadas a matéria orgânica e não são influenciadas pela aplicação de adubo ou calcário. De acordo com estudos realizados por Miguel et al (2020), a matéria orgânica é a principal fonte de ésteres de sulfato, que são substratos da enzima arisulfatase. Em condições normais, a presença da arisulfatase está associada à biomassa microbiana e ao nível de imobilização. Já a β -glicosidase está relacionada a deposição de matéria orgânica rica em celulose, o qual é utilizado como substrato para essa enzima. No sistema em aléia a atividade dessas enzimas pode ser explicada pela presença do sistema radicular das leguminosas, o que facilita a fixação de N, bem como na quantidade de água disponível no solo, estimulando os processos microbiológicos do solo, já que a coleta foi realizada no final do período chuvoso.

Das enzimas extracelulares nos solos a β -glicosidase é uma enzima frequentemente utilizada no monitoramento da qualidade do solo devido ao seu papel de degradação da matéria orgânica e nos processos de liberação de uma fonte de energia lábil para microrganismos (Sttot et al., 2012). Sua atividade pode ser influenciada pela temperatura do solo, pH, qualidade e conteúdo de matéria orgânica (Tabatabai, 1994).

Em se tratando do efeito das enzimas sobre a qualidade e saúde do solo, estas desempenham funções fundamentais no processo biológico, cuja o fornecimento de nutrientes e reações catalíticas dependem da atividade mediada por tais enzimas, servindo como meio de avaliar a atividade microbiana, detectar mudanças no ambiente do solo, atuando como indicadores da qualidade do solo,

relacionadas diretamente com a quantidade de matéria orgânica (Sobucki et al., 2021).

Mendes et al. (2018, p. 18) criaram uma classificação para interpretar indicadores β glicosidade, e arilsulfatase para Latossolos Vermelhos Argilosos do cerrado, sob cultivos anuais para amostras de solo secas ao ar. Deste modo, um valor baixo da classe de interpretação pode apontar que as práticas de manejo utilizadas na área são inadequadas. Em contrapartida, os valores mais altos destas variáveis indicam valores adequados e desejáveis que devem ser preservados para o bom funcionamento do solo (Tabela 5).

Tabela 5 - Classe de interpretação das variáveis β -glicosidase e arilsulfatase para Latossolos Vermelhos no Cerrado.

Variáveis	Classe de Interpretação		
	Baixa	Moderado	Adequado
β -Glucosidade	≤ 66	67-115	> 116
Arylsulphatase	≤ 30	31-70	> 71

Fonte: Mendes et al. (2018).

Ao comparar os valores obtidos de β -Glucosidade e Arisulfatase com os dados da tabela de interpretação de bioindicadores de Mendes et al. (2018), constatamos que a presença dessas enzimas nos solos dos sistemas estudados foi classificada como baixa a moderada (Tabela 5).

O Biplot resultante da Análise de Componentes Principal (PCA) expressa a relação entre os três tipos de manejo, sistema de cultivo convencional de soja/milho, cultivo em aléia, lavrado e também com variáveis microbiológicas. De acordo com as análises o eixo 1 explicou 69,1% a relação entre os indicadores e o ambiente e o eixo 2 explicou 30,9% da variação dos dados (Figura 7). A diferenciação dos grupos foi bem definida, mostrando as particularidades de cada sistema estudado.

Foi possível observar, que os sistemas em aléia e soja/milho estão mais relacionados com os maiores valores das variáveis de qualidade do solo, o que indica que essas áreas possuem qualidade superior.

O sistema em aléia se posicionou à direita do primeiro eixo do diagrama de ordenação da PCA, influenciado pelo pH adequado, quando comparado aos outros

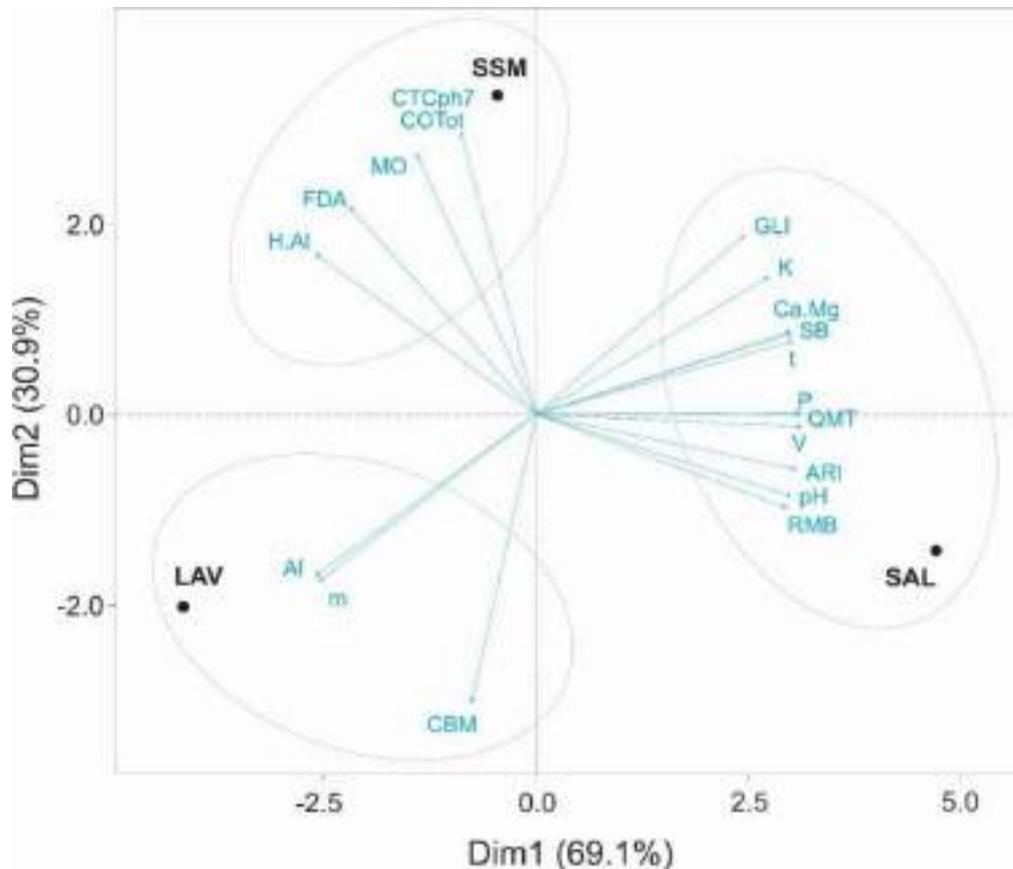
sistemas estudados o que pode ser explicado pela adubação e disponibilidade de nutrientes no solo como K, P, Ca, Mg e SB, o que significa que o sistema possui maior nível de fertilidade, onde todo o resíduo vegetal produzido é depositado no solo, e também, é realizada a adubação com fertilizantes orgânicos e outros resíduos de compostagem e uma maior fixação de N nas plantas e conseqüentemente no solo, o que também pode explicar um maior teor de P mineralizado nesse sistema. Esse sistema apresentou uma maior atividade enzimática através da hidrólise de diacetato de fluoresceína FDA, tanto para arissulfatase quanto para β -Glucosidade, enzimas que fazem parte do ciclo de enxofre e carbono que pode se tornar disponível às plantas pela mineralização da matéria orgânica. Já no sistema soja/milho apresentou um solo mais ácido, com necessidade de correção, que pode ser feita através da calagem, através da aplicação de calcário agrícola no solo, sem essa correção no solo, nutrientes como P, Ca, Mg e K ficam indisponíveis para as plantas, sendo necessário fatores primordiais para o crescimento saudável do cultivo como clima, o preparo da terra e principalmente a irrigação, são fatores determinantes.

O sistema em área nativa (lavrado), apresentou um solo mais ácido, o que pode ser causado pelo próprio intemperismo mineral que faz com que haja remoção das bases, causada pela lixiviação e erosão, favorecendo a acidez do solo, a própria matéria orgânica pode favorecer a redução do pH do solo. A acidez do solo traz malefícios para o desenvolvimento das plantas, é necessário que essa acidez seja corrigida para que as plantas sejam protegidas dos seus efeitos deletérios no crescimento e desenvolvimento das plantas, dentre esses efeitos maléficis podemos citar a capacidade que a acidez tem de afetar a disponibilidade de alguns nutrientes do solo, podendo também prejudicar o desenvolvimento da atividade microbiana e de microrganismos benéficos para o crescimento de plantas, além disso por conta do excesso de alumínio há um engrossamento das raízes e uma redução no crescimento dessas raízes.

Diante do exposto, na tentativa de solucionar os problemas ambientais ocasionados pelo processo de modernização agrícola, em busca de estratégias viáveis aos agricultores, a implementação de práticas agroecológicas é fundamental para promover a saúde e a qualidade dos solos agrícolas. A rotação de culturas, o consórcio de culturas e o uso de cobertura vegetal não apenas melhoram a fertilidade do solo, mas também contribuem para sua resiliência e sustentabilidade. Além disso, a adoção de compostagem, adubação verde e a redução do revolvimento do solo são estratégias

eficaz para aumentar a matéria orgânica e promover a atividade biológica do solo. A integração de árvores nos sistemas agrícolas por meio de sistemas agroflorestais também desempenha um papel crucial na melhoria da qualidade do solo, oferecendo benefícios adicionais como a fixação de carbono e proteção contra erosão. Por fim, a transição para biofertilizantes, biopesticidas e práticas eficientes de gestão da água completa o quadro de um sistema agrícola mais sustentável e resiliente. Ao adotar essas práticas agroecológicas, podemos não apenas preservar a saúde do solo para as gerações futuras, mas também promover sistemas alimentares mais equitativos e ambientalmente responsáveis.

Figura 7 -Análise de componentes principais (PCA) das médias dos atributos do solo para diferentes sistemas de manejo no Projeto de Assentamento Nova Amazônia em Boa Vista/RR.



Eixo 1- Sistema em aléia: β -glicosidase (GLICO); Potássio (K); Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg); Soma das bases (SB); fósforo (P); Quociente metabólico (qCO_2); saturação de bases (v); Arisulfatase (ARI); pH em água; Respiração microbiana (RMS); Eixo 2 - Sistema soja/milho: Capacidade de troca de cátion (CTC); Matéria orgânica (MO); Hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA); Hidrogênio e Alumínio (H+Al); Lavrado: Alumínio (AL); Saturação de alumínio (m); Carbono da biomassa microbiana (CBM).

5 CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, foi possível concluir que os solos dos sistemas analisados nesse estudo são arenosos, ácidos, com baixos teores de nutrientes, demonstrando a baixa fertilidade. Os indicadores de acidez do solo demonstram serem os principais fatores limitante nas áreas de estudo.

O sistema em aléia proporciona um ambiente mais favorável a microbiota do solo, promovendo a melhoria da qualidade do solo, o que resultou em maiores valores das variáveis analisadas.

O sistema soja/milho, foi menos eficiente, o monocultivo, com plantio convencional, apresentou alterações próximas da condição de estresse ou desequilíbrio no sistema, ocasionado pelo manejo. O uso intensivo do solo contribui para redução de sua qualidade.

No sistema de lavrado foi possível concluir que a MO encontrada é decorrente da quantidade de restos vegetais no solo e de resíduos de sistemas radiculares da vegetação nativa que não foram revolvidos. Dentre os fatores que podem ser responsáveis por condições mais favoráveis à biomassa microbiana nesse solo estão a ausência de preparo do solo e a maior diversidade arbustiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, P. B. **A Importância da abordagem teórica de agroecossistemas para formação de professores na área de ciências da natureza**. Porto Alegre 30 de novembro de 2020.
- ALCÂNTARA, F. A. **Manejo Agroecológico do Solo**. Embrapa Arroz e Feijão Santo Antônio de Goiás, GO 2017.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004.
- ALTIERI, M. A. **Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments**. Agriculture, Ecosystems and Environment N. 93, p. 1-24, 2002.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA, 2012.
- ALVAREZ, R.; DOAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. **Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from there tillage systems**. Soil e Tillage Reserch, v. 33, n .4, p. 17-28, 1995.
- ALVES, T. S. et al. **Biomassa e Atividade Microbiana do Solo sob Vegetação Nativa e Diferente Sistemas de Manejos**. Acta Scientiarum. Agronomy. V. 33, n. 2, 2011.
- ARAGÃO O. O. S. **Indicadores Microbiológicos de qualidade do solo estão relacionados com maiores produtividade do cafeeiro no cerrado mineiro/ Universidade Federal de Lavras, 2018.**
- ARAÚJO, W. F.; MONTEIRO NETO, J. L. L.; SANDER, C.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; VIANA, T. V. A.; VALERO, M. A. M. **Atualização da classificação climática de Boa Vista, Roraima, Brasil**. Nativa, Sinop, v. 12, n. 2, p. 236-240, 2024.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. **Indicadores biológicos de qualidade do solo**. Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July./Sept. 2007.
- ARAÚJO, E. A. et al., 2012. **Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação**. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia 5, 187-198.
- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. **Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.3, p.563-567, 2001.
- ASSIS, R. L. de. **Agricultura orgânica e agroecologia: questões conceituais e processo de conversão**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 196).

- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. **Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, p.641-650, 1998.
- BARBOSA, R. I.; CAMPOS, C.; PINTO, F.; FEARSIDE, P. M.; 2007. **The —Lavradosll of. Roraima: Biodiversity and Conservation of Brasil's Amazonian Savannas.** *Funcional Ecosystems and Communities*, 1 (1): 29-41.
- BARBOSA, R. I.; MIRANDA, I. S. 2005. Fitofisionomias e diversidade vegetal das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; COSTA & SOUSA, J. M. (Eds). **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris.** FEMACT, Boa Vista, Roraima; p. 61-77.
- BARBOSA, R, I.; MIRANDA, I. S.; **Fitofisionomoia vegetal das savanas. In: Savanas de Roraima: Etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrossilvipastoris.** (Org.) BARBOSA, R. I. et al. FEMACT-RR, Boa Vista, 2004, 61-79p.
- BARBOSA, J. B. F. **Plantas invasoras em Roraima.** In: BARBOSA, Reinaldo Imbrozio; MELO, Valdinar Ferreira. Roraima: Homem, Ambiente e Ecologia. Boa Vista, FEMACT, 2010.
- BARRETO, P.A.B; GAMA-RODRIGUES, E.F; GAMA-RODRIGUES, A.C. **Carbono das frações da matéria orgânica em solos sob plantações de eucalipto de diferentes idades.** Scientia Florestalis, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 581-590, 2014.
- BATISTA, T. T. E.; NOBREGA, M. P.; ALMEIDA JUNIOR, A. L.; MOREIRA. P. M. S.; MARACAJÁ, P. B. **Indicadores de qualidade do solo em agroecossistemas.** Editora do GVAA - Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas - Pombal - PB - Brasil www.gvaa.org.br. V. 7, n. 1, p. 102 - 129 , jan - mar, 2013.
- BRASIL. **Superintendência do INCRA em Roraima.** Portaria nº 10, de 22 de novembro de 2001. Boa Vista: 2001. Que dispõe sobre a criação do Projeto de Assentamento Nova Amazônia. Boa Vista-RR, 2001.
- BRASIL, E. A. **Efeito do sistema agroflorestal nas características morfofisiológicas de diferentes cultivares de *Brachiaria* na savana de Roraima.** Esther Andrade Brasil. - Boa Vista (RR): UERR, 2022.
- BORGES FILHO, E. L. **Da redução de insumos agrícolas à agroecologia: a trajetória das pesquisas com práticas agrícolas mais ecológicas na EMBRAPA.** 2005. 279f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- BOCKSTALLER, C.; GIRARDIN, P.; WERF, H. M. G. **Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems.** European Journal of Agronomy, n.7, p.261-270, 1997.

CAMPOS, C; PINTO, F; BARBOSA, R. I. **O Lavrado de Roraima: importância biológica, desenvolvimento e conservação na maior savana do Bioma Amazônia.** Boa Vista: INPA, 2008. 8p.

CANALEZ.G .G. **Agroecossistemas Amazônicos: o valor das florestas.** Manaus - Amazonas Junho - 2018.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S. & CURI, N. **Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal.** Pesq. Agropec. Bras., 44:631-637, 2009.

CARVALHO, L.J.M. **Histórico do Assentamento PA Nova Amazônia: a conquista da terra em Boa Vista-RR/ Boa Vista,** 2018.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios.** Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.

CAVALCANTE, W. F. et al. **Enzymatic activity of caatinga biome with and without anthropic action.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 142-150, 2020.

CIACCIA, C. et al. **Agroecological Practices and Agrobiodiversity: A Case Study on Organic Orange in Southern Italy.** Agronomy, [s.l.], v. 9, n. 2, p. 85, 14 fev. 2019.

CORRÊA, I. V. **Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas em Transição Agroecológica na Região Sul do Rio Grande do Sul.** Pelotas, 2007.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 29, p. 777-788, 2005.

COSTA, H.S.; SANTOS, T. S.; CÂNDIDO, J. S.; JESUS, L. M.; SOUZA, T. A. A.; MARTINS, J. C. **Indicadores químicos de qualidade de solos em diferentes coberturas vegetais e sistemas de manejo.** Revista Fitos, Rio de Janeiro, 2019.

COSTA, J. P.; SILVA, M. S. **A importância do uso do solo como alternativa para o desenvolvimento sócio econômico do PA Nova Amazônia.** Revista Geográfica de América Central, Costa Rica, v.2, n.47, 2011.

CURCINO, A. **Ecosistemas Naturais e Seus Serviços como Modelo aos Agroecossistemas.** In: GOMIDE, P. H. O.; FALCÃO, M. T. **Sociobiodiversidade Amazônica: saberes, olhares e práticas agroecológicas.** - 1. ed. - Boa Vista, RR :UERR Edições, 2021, p.9-15. CRUZ, C.D. Programa GENES - Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 442p.

D^a ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O. & CARNEIRO, M.A.C. **Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do Estado de Goiás.** R. Bras. Ci. Solo, 26:913-923, 2002.

- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment: proceedings of a symposium*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA. Special publication, 35).
- DE ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. **Indicadores biológicos de qualidade do solo**. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 3, 18 set. 2007.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. **Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set**. In: DORAN, J.W.; JONES, A. J. (Org.) *Methods for assessing soil quality*. Madison: SSSA, 1996. p. 25-37.
- FREITAS, L. et al., 2017. **Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo**. *Unimar Ciências* 26,08-25.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. & GAMA-RODRIGUES, A.C. **Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.159-170.
- GAZDAG, O. et al. **Density and diversity of microbial symbionts under organic and conventional agricultural management**. *Microbes and environments*, [s.l.], p. ME18138, 2019.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.
- HE, Y.; et al. **A modelling approach to evaluate the long-term effect of soil texture on spring wheat productivity under a rainfed condition**. *Scientific reports*, v. 4, p. 1-12, 2014.
- KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G.E. **Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial)**. *Soil Science Society of America Journal*, v.61, p.4-10, 1997.
- KANG, B.T. ALLEY, C. – **Soil productivity and nutrient recycling**. *Forest ecology and Management*, Amsterdam, v. 91, n. 1, p. 75-82, 1997.
- KANDELER, E. **Physiological and Biochemical Methods for Studing Soil Biota and their Functions**. In: PAUL, E. (Ed.) *Soil Microbiology and Biochemistry*. New York: Academy Press, 2015.
- KERTESZ, M. A.; MIRLEAU, P.; **The role of soil microbes in plant sulphur nutrition**. *J Exp Bot*, 2004.
- KLEIN, V.A. & LIBARDI, P.L. **Condutividade hidráulica de um Latossolo Roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo**. *Ci. Rural*, 32:120-128, 2002.
- LAVELLE, P. **Ecological challenges for soil science**. *Soil Science*, Washington, v. 165, n. 1, p. 73-86, 2000.

LEITE, L. F. C. et al. **Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821-832, out. 2003.

LIMA, S.K. et al. **Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, Ipea, 2020.**

LOPES, P. R.; LOPES, K. C. S. A. **Sistemas de produção de base ecológica – a busca por um desenvolvimento rural sustentável.REDD – Revista Espaço de Diálogo e Desconexão, Araraquara, v. 4, n. 1, jul/dez. 2011.**

MARZALL, K., ALMEIDA, J. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.17, n.1, p.41-59, 2000.

MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; KLAUBERG-FILHO, O.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, G.M. & ALMEIDA, D. **Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no Estado de Santa Catarina.** R. Bras. Ci. Solo, 31:655-665, 2007.

MATSUOKA, M.; MENDES, L.C. & LOUREIRO, M.F. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT).** R. Bras. Ci. Solo, 7:425-433, 2003.

MENDES, I. C. et al. **Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo.** Embrapa Cerrados-Circular Técnica (INFOTECA-E), Planaltina, 2018.

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; SOUSA, D. M. G. de; REIS JUNIOR, F. B. dos; DANTAS, O. D.; OLIVEIRA, M. I. L. de; LOPES, A. A. de C.; SOUZA, L. M. de. **Bioanálise de solo: a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola.** p. 1-11, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Biomass.** Disponível em:<http://www.mma.gov.br/biomass/amazonia/mapa-coberturavegetal>.

MANISHA, S. K. Y. **Technological advances and applications of hydrolytic enzymes for valorization of lignocellulosic biomass.** Bioresource Technology, v. 245, parte B, 2017.

MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L. **Fisionomia das Savanas de Roraima, Brasil.** ACTA Amazonia, 2000.

MIGUEL, DIVINO LEVI et al. **Soil microbiological properties and enzyme activity in agroforestry systems compared with monoculture, natural regeneration, and native Caatinga.** Embrapa Agrobiologia-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2020.

- MOREIRA, M.L.C.; VASCONCELOS, T.N.N. **Mato Grosso: solos e paisagens.** Entrelinhas. Cuiabá. 2007. 272 p.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: UFLA, 2002. 626p.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2.ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.
- MUTUANDO. Instituto Giramundo, 2005 **A Cartilha Agroecológica** / Instituto Giramundo Mutuando Botucatu, SP: Editora Criação Ltda, 2005.
- MENDES, I.C., SOUSA, D.M.G., REIS JÚNIOR, F.B., 2015. **Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo.** Cadernos de Ciência & Tecnologia 32, 185-203.
- NIMER, E. 1991. **Clima**, in: IBGE, Geografia do Brasil: Região Norte, Vol. 3. IBGE, Rio de Janeiro, p.61-71.
- NODA, S. N. **Agricultura Familiar na Amazônia das Águas. Manaus/AM: Wega,** p. 208, 2007.
- OLIVEIRA FILHO, L.C.I, BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P., 2014. **Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil.** Revista Biotemas 27, 69-77.
- OLIVEIRA, D. V. **Comportamento de Gramíneas Nativas do Lavrado de Roraima Submetidas ao Sombreamento Artificial.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Roraima. Boa Vista, 31p., 2011.
- PEREIRA, M. J. A. **Agricultura familiar no Projeto de Assentamento Nova Amazônia: A vida no Lavrado em Boa Vista- Roraima- Brasil,** 2017.
- ROCHA, A. F. B. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroecológicos no Cerrado Mineiro.** Uberlândia, 2021.
- SARMIENTO, E.; FANDINO, S.; GOMEZ, L. **Indexes of soil quality.** A systematic review. ECOSISTEMAS, Móstoles, v. 27, n. 3, p. 130-139, 2018.
- SETTE-SILVA, E.L. **A Vegetação de Roraima.** In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLÓN, E.G. (Eds).Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas. P.401-415, 1997.
- SILVA, S. H.; NODA, S. N.; ARCHANJO, P. J. V. **Agroecossistemas nas Várzeas Amazônica: Um Estudo nas Ilhas do Valha-me-Deus e Chaves – Juruti/PA.** IV Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia.

1º Encontro Amazônico da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Manaus-AM. 9p. 2016.

SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURI, N.; ALIVISI, A. M. T. **Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SILVA, L.G.; MENDES, I.C.; REIS JÚNIOR, F.; FERNANDES, M.F.; MELO, J.T. & KATO, E. **Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de Cerrado em plantio de espécies florestais.** Pesq. Agropec. Bras., 44:613-620, 2009.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F. & MARTINS, A.P. **Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavourapecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo.** R. Bras. Ci. Solo, v. 34, p. 79-88, 2010.

SOUZA, R. F. **Frações da matéria orgânica e atributos biológicos de solo em veredas conservadas e antropizadas no bioma cerrado.** Goiânia, 2013.

SOBUCKI, L. et al. **Contribuição das enzimas para a qualidade do solo e a evolução das pesquisas no Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2021.

STOTT, D. E. et al. **Evaluation of β -glucosidase activity as a soil quality indicator for the soil management assessment framework.** Soil Biology and Biochemistry, v. 74, n. 1, p.107-119, 2010.

SKRZYPCZYŃSKI, R. *et al.* **Beyond Supporting Access to Land in Socio-Technical Transitions.** How Polish Grassroots Initiatives Help Farmers and New Entrants in Transitioning to Sustainable Models of Agriculture. Land, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 214, 2021.

TABATABAI M. A. Soil enzymes. In: MICKELSON, S. H. (ed) Methods of soil analysis, Part 2. **Microbiological and biochemical properties.** Soil Science Society of America, Madison, WI, pp 775-833, 1994.

TABATABAI, M. A. & BREMNER, J. M. **Arylsulphatase activity in soils.** Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 225-229, 1970.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos.** Tópicos em Ciências do Solo, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2:195-276, 2002.

WACH, E. M **Dependency as Prohibitive of Agroecology and Food Sovereignty—A Case Study of the Agrarian Transition in the Scottish Highlands.** Sustainability, Basel, v. 13, n. 4, 37 p. 1927, 2021.

WEZEL, A. et al. **Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems.** A review. Agronomy for Sustainable Development, [s.l.], v. 40, n. 6, p. 1-13, 2020.

- WOOD, S. A. et al. **Functional traits in agriculture: agrobiodiversity and ecosystem services.** Trends in ecology & evolution, Cambridge, v. 30, n. 9, p. 531-539, 2015.
- UNGERA, P.W.; STEWARTA, B.A.; PARRB, J.F.; SINGHC, R.P. **Crop residue management and tillage methods for conserving soil and water in semi-arid regions.** Soil & Tillage Research, v.20, p.219-240, 1991.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. **An extraction method for measuring soil microbial biomass C.** Soil Biol. Biochem., 19:703-707, 1987.
- VALE JUNIOR, F.J. **Solos sob savanas de Roraima: gênese, classificação e relação e relações ambientais/** José Frutuoso do Vale Junior, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. – Boa Vista: Gráfica Ióris, 2010. 219 p : il.
- VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: uma resenha do Cretáceo recente.** In BARBOSA (Org), et. al. Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima. Manaus-AM, 1997. p. 231-261.
- VASCONCELOS. M. C. C. A.; SILVA. A. F. A.; LIMA. R. S. **Cultivo em Aléias: uma alternativa para pequenos agricultores.** Revista ACSA - Agropecuária Científica no Seminário, v. 8, n. 3, 2012.
- VANZOLINI, P.E.; CARVALHO, C.M. 1991. **Two sibling and sympatric species of Gymnophthalmus in Roraima, Brasil (Sauria, Teiidae).** Papéis Avulsos de Zoologia 37(12): 173-226.
- VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. **Revisão de literatura: Uma visão sobre a qualidade do solo.** Revista Brasileira de Ciência do solo, Viçosa, v. 33, p. 743-755, 2009.