

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRICULTURA ORGÂNICA**

**DISSERTAÇÃO**

**Construção do Conhecimento Agroecológico no  
Quilombo Cachoeira, região Central de Minas  
Gerais**

**Filipe Ribeiro Sá Martins**

**2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO AGROECOLÓGICO NO  
QUILOMBO CACHOEIRA, REGIÃO CENTRAL DE MINAS**

**FILIPE RIBEIRO SÁ MARTINS**

*Sob a Orientação do Professor*  
**José Antonio Azevedo Espindola**

*e*

*Co-orientação da Professor*  
**Renato Linhares de Assis**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura Orgânica**, no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ  
Abril de 2020

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M386c Martins, Filipe Ribeiro Sá, 1985-  
Construção do Conhecimento Agroecológico no Quilombo  
Cachoeira, Região Central de Minas Gerais / Filipe  
Ribeiro Sá Martins. - Belo Horizonte, 2020.  
45 f.

Orientador: José Antonio Azevedo Espindola.  
Coorientador: Renato Linhares de Assis.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em  
Agricultura Orgânica, 2020.

1. Adubação verde. 2. Inoculação com raízes  
noduladas. 3. Feijoeiro comum. I. Espindola, José  
Antonio Azevedo, 1968-, orient. II. Assis, Renato  
Linhares de, 1963-, coorient. III Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós  
Graduação em Agricultura Orgânica. IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA - PPGA O**

**FILIPPE RIBEIRO SÁ MARTINS**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura Orgânica**, no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 28/04/2020.

BANCA EXAMINADORA:

---

Jose Antonio Azevedo Espindola  
(Orientador). Dr. Embrapa Agrobiologia

---

Lindete Míria Vieira Martins  
Dra. Universidade do Estado da Bahia

---

Norma Gouvêia Rumjanek  
Dra. Embrapa Agrobiologia

*Dedico este trabalho às comunidades quilombolas.*

*“O gosto da liberdade sentido, cravado no peito  
Correr, sentir os campos ter a vida*

*Angola Janga*

*Terra de negros livres*

*Ali toda vida*

*Toda raça, raiva, vontade*

*África*

*África (tão subitamente roubada)*

*Sonhos (tão subitamente assassinados)*

*Liberdade (tão subitamente trocada pela  
escravidão)” José Carlos Limeira*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à comunidade quilombola da Cachoeira – Ascaxar, por andarmos juntos na construção desse trabalho.

Aos meus pais Jorge e Luciana e ao meu irmão Igor, pelo incentivo e apoio pleno.

À minha companheira Ju e ao meu filhinho Miguel. Gratidão!

Ao meu orientador José Antonio Azevedo Espindola, meu co-orientador Renato Linhares de Assis e à professora/pesquisadora Norma Gouvêia Rumjanek pela credibilidade, paciência e apoio.

À Fazendinha Agroecológica, ao PPGAO, Embrapa Agrobiologia e Pesagro que proporcionaram momentos ímpares na minha formação e vivência.

Aos amigos da turma 2018 do PPGAO, essa jornada não seria possível sem vocês.

À amiga Lúcia Helena e ao professor Igor pelo acolhimento e amizade.

À Cáritas Brasileira Regional Minas Gerais por proporcionar a realização do mestrado concomitante ao trabalho. Muito obrigado pelo apoio, especialmente ao Rodrigo Pires.

## RESUMO

MARTINS, Filipe Ribeiro Sá. **Construção do conhecimento agroecológico no Quilombo Cachoeira, região Central de Minas Gerais**. 2020. 45p. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica. Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

O presente trabalho foi conduzido junto a agricultores quilombolas, vinculados à Associação Comunitária Rural Cachoeira, Xambá e Ribeirão – ASCAXAR QUILOMBOLA, localizada no município de Dom Joaquim, região central de Minas Gerais. Objetivou-se avaliar estratégias de manejo do solo para a produção agroecológica do feijoeiro comum, utilizando a adubação verde *Crotalaria juncea* e a inoculação com preparado de raízes finas noduladas, como alternativa aos inoculantes comerciais para feijão, buscando eficiência na fixação biológica de nitrogênio (FBN). Nesse sentido, foi implantada uma Unidade de Observação na área de produção coletiva da associação, como espaço de diálogo e sensibilização das práticas trabalhadas. O estudo foi dividido em duas etapas. A primeira referiu-se à implantação de quatro talhões com os seguintes tratamentos em pré-cultivo ao plantio do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*): (a) crotalária roçada e deixada em cobertura na superfície do solo; (b) crotalária incorporada ao solo; (c) fertilização mineral com NPK de formulação 4-14-8; e (d) controle, sem uso de adubação. Em sucessão, cada talhão da primeira etapa foi subdividido em dois para que o feijoeiro comum fosse plantado com e sem o uso do inoculante alternativo. Ao final dessa etapa, foi realizado dia de campo para avaliação participativa de indicadores de qualidade do solo e sanidade dos cultivos, para em seguida realizar entrevistas com os agricultores, utilizando questionário semi-estruturado. Na percepção desses, o uso da adubação verde com crotalária potencializou a geração de biomassa na área cultivada, proporcionando a cobertura do solo e a consequente retenção de umidade. Verificou-se também o papel estratégico da FBN, tanto pelo adubo verde quanto pelo feijoeiro que foi inoculado, contribuindo para a sustentabilidade do cultivo. A prática possibilitou inovação tecnológica a baixo custo e com a utilização de recursos locais. O uso de indicadores de sustentabilidade foi eficiente na sensibilização dos agricultores, além de se mostrar como importante ferramenta de apoio à tomada de decisão em processo de transição agroecológica.

**Palavras-chave:** Adubação verde, Inoculação com raízes noduladas, Feijoeiro comum

## ABSTRACT

MARTINS, Filipe Ribeiro Sá. **Construction of agroecological knowledge at Quilombo Cachoeira, Central region of the state of Minas Gerais.** 2020. 45p. Dissertation (Professional Master's Degree in Organic Agriculture) - Postgraduate Program in Organic Agriculture. Institute of Agronomy, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

The present work was performed with traditional (quilombola) farmers from the Rural Community Association of Cachoeira, Xambá and Ribeirão - ASCAXAR QUILOMBOLA, located at the municipality of Dom Joaquim, in the Central region of the state of Minas Gerais. The work aimed to evaluate soil management strategies for agroecological production of common bean, using as green manure the legume sunn hemp (*Crotalaria juncea*) as a multifunctional and soil management practice, and the use of fine nodulated root preparation, aiming to improve the efficiency of biological nitrogen fixation (BNF). In this sense, a Demonstrative Unit was implemented in the collective production area of the ASCAXAR QUILOMBOLA, as a space for dialogue and awareness of the worked practices. The study was divided into two stages. The first one was the implementation of four plots with different uses for common bean (*Phaseolus vulgaris*) in succession, with the following procedures: a) sunn hemp mowed and left on the soil surface as mulching; b) sunn hemp incorporated into the soil; c) mineral fertilization with NPK formulation 4-14-8 and d) control. During the second stage, it was carried out a field day about the technique of seed inoculation with the prepared of fine nodulated roots, as well as the planting of common bean, subdividing each plot of the first stage into two. It was evaluated the planting treated with the use of the alternative inoculant and the control, using indicators of soil quality and crop health in a participatory manner. It was carried out semi-structured interviews with farmer families, aiming to evaluate how these practices were used. From the farmer's perception, the use of green manure with sunn hemp promoted the biomass production in the cultivated area, allowing soil cover and moisture retention. It was highlighted the strategic role of BNF both by the green manure and the common bean, improving agriculture sustainability. This practice enabled technological innovation at low cost and with the use of local resources. The use of sustainability indicators was efficient in raising farmers' awareness, as well as an important decision-making tool associated with the agroecological transition process.

Key words: Green manure, Inoculation with nodulated roots, Common bean.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Média dos valores atribuídos aos indicadores de qualidade do solo na UO no Ciclo I.....	25
<b>Tabela 2</b> - Média dos valores atribuídos aos indicadores da sanidade do cultivo na UO no ciclo I.....	26
<b>Tabela 3</b> - Média dos valores atribuídos aos indicadores de qualidade da sanidade do cultivos na UO no ciclo II.....	30

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Arranjo esquemático do ciclo I de plantio da UO.....	16
<b>Figura 2</b> - Dia de campo envolvendo trocas de saberes sobre adubos verdes e microrganismos do solo.....	18
<b>Figura 3</b> - Processo de preparo do inoculante alternativo de raízes finas.....	19
<b>Figura 4</b> - Arranjo espacial representando o ciclo II na UO.....	20
<b>Figura 5</b> - Atividade de avaliação participativa da qualidade do solo e sanidade do cultivo da Crotalária.....	22
<b>Figura 6</b> - Representação dos indicadores de qualidade do solo na UO.....	23
<b>Figura 7</b> - Avaliação do desenvolvimento das raízes e nodulação de <i>C. juncea</i> .....	24
<b>Figura 8</b> - Representação dos indicadores de sanidade do cultivos, UO - Ciclo I.....	26
<b>Figura 9</b> - Representação dos indicadores de qualidade do cultivo do feijoeiro comum com uso do preparado de raízes finas noduladas - Ciclo II.....	28
<b>Figura 10</b> - Representação dos indicadores de sanidade do cultivo do feijoeiro comum sem o uso do inoculante alternativo.....	29

## LISTA DE ABREVIACES E SBOLOS

<b>ATER</b>	Assistência Técnica e Extensão Rural
<b>ASCAXAR</b>	Associao Comunitária Quilombola
<b>ATP</b>	Adenosina trifosfato
<b>CIMOS/MPMG</b>	Coordenadoria de Inclusão e Mobilizao Sociais
<b>CTC</b>	Capacidade de troca catiônica
<b>DAP</b>	Dias após o plantio
<b>FBN</b>	Fixao biológica do nitrogênio
<b>INIAP</b>	Instituto Nacional Autnomo de Investigaciones Agropecuarias - Ecuador
<b>MPMG</b>	Ministério Público do Estado De Minas Gerais
<b>N</b>	Nitrogênio
<b>PAC</b>	Pequeno projeto alternativo comunitário
<b>SAF</b>	Sistema agroflorestal
<b>UO</b>	Unidade de observao

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Princípios orientadores da agroecologia.....	3
2.2 Metodologias participativas para avaliação de agroecossistemas.....	5
2.3 Indicadores de sustentabilidade .....	6
2.4 Adubação verde e seu uso nos agroecossistemas.....	7
2.5 <i>Crotalaria juncea</i> .....	9
2.6 Fixação biológica de nitrogênio.....	10
2.7 FBN pela simbiose rizóbio – leguminosas.....	10
2.8 FBN em feijoeiro comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) .....	11
2.9 Preparado de raízes finas noduladas .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
3.1 Caracterização e contexto da construção do conhecimento agroecológico no território de estudo .....	14
3.2 Construção da Unidade de Observação.....	15
3.3 Ciclo I.....	16
3.3.1 Cultivo da <i>Crotalaria juncea</i> .....	16
3.3.2 Avaliação do Ciclo I .....	17
3.4 Ciclo II .....	18
3.4.1 Dia de Campo.....	18
3.4.2 Plantio do feijoeiro comum na Unidade de Observação.....	20
3.4.3 Avaliação do ciclo II.....	21
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
4.1 Avaliação participativa na Unidade Demonstrativa.....	22
4.1.1 Ciclo I.....	22
4.1.2 Indicadores de Sanidade dos Cultivos .....	25
4.1.3 Ciclo II .....	27
4.2 Dia de campo .....	31
4.3 Avaliação da metodologia e construção do conhecimento agroecológico.....	31
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>33</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>34</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>45</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O Devido à crescente preocupação mundial quanto às consequências das atividades antrópicas sobre o futuro do planeta, as práticas agrícolas associadas à conservação do meio ambiente têm ganhado destaque no que diz respeito à produção de alimentos saudáveis, sendo cada vez mais utilizadas pelos agricultores familiares. Nesse sentido, a agroecologia se consolida enquanto modelo de produção, apontando para construção de estratégias sustentáveis de desenvolvimento rural (SEVILLA GUZMÁN, 2001). As bases científicas desse modelo, segundo Altieri (2012) e Caporal (2009), contribuem para novos desenhos dos agroecossistemas, valorizando o conhecimento popular e a consolidação de tecnologias sociais para melhoria de vida dos agricultores.

Dessa forma, a estruturação dos agroecossistemas baseia-se na utilização de práticas que viabilizem a manutenção da fertilidade do solo e possibilitem o desenvolvimento da agrobiodiversidade. Dentre as diversas práticas utilizadas, destacam-se o plantio direto, a rotação de culturas e a adubação verde (CALEGARI, 2008). A adubação verde é uma prática considerada multifuncional e consiste na utilização de determinadas espécies vegetais através de diferentes interações e formas de manejo, com vistas a melhorar a dinâmica da unidade produtiva por meio de aspectos como reciclagem e aproveitamento de nutrientes, recuperação e manutenção das características de fertilidade do solo (física, química e biológica) e aumento da biodiversidade (ESPINDOLA et al., 2004; CALEGARI, 2008).

O movimento de mudança vem sendo caracterizado por um processo gradual e multilinear num dado tempo do manejo produtivo, aproximando-os do ambiente onde estão inseridos (CAPORAL, 2009). O agricultor familiar, ao alterar seus sistemas produtivos, modificando os cultivos e os insumos aplicados, assume um importante papel na transição agroecológica. Nesse sentido, a busca por tecnologias acessíveis, de baixo custo e que melhorem a produtividade dos cultivos, proporcionam avanços na sustentabilidade dos sistemas de produção familiares.

Um dos desafios para a transição agroecológica é a disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente relacionado ao aporte de nitrogênio (GLIESSMAN, 2005). A fixação biológica de nitrogênio (FBN), decorrente da simbiose de bactérias diazotróficas com plantas leguminosas, é capaz de suprir o aporte da demanda de nitrogênio das culturas comerciais diretamente, como no caso da soja e do feijão, ou indiretamente, com a utilização de adubos verdes (MERCANTE et al., 2014).

Uma possibilidade de potencializar a FBN é através da adoção da prática de inoculação das sementes. Entretanto, o acesso aos inoculantes feitos com estirpes eficientes de rizóbios por pequenos agricultores é ainda reduzido. Nesse sentido o desenvolvimento de práticas com o uso de raízes noduladas podem promover benefícios na agricultura familiar, melhorando a produtividade sem aumento dos custos de produção e uso de adubos sintéticos, melhorando a sustentabilidade do agroecossistema (RUMJANEK et al., 2017). A técnica de inoculação alternativa é realizada através da utilização de preparados de raízes finas noduladas, coletadas na própria unidade de produção, para delas retirar nódulos saudáveis para a inoculação de sementes antes do plantio, aumentando o contato com os rizóbios nativos e melhorando a contribuição da FBN.

A construção do conhecimento agroecológico demanda metodologias adequadas à realidade dos agricultores, valorizando o conhecimento popular, priorizando a participação dos agricultores e colocando-os como atores primordiais do processo (COTRIM; DAL SOGLIO, 2016), com o uso de ferramentas que contribuam para tomada de decisão na mudança das práticas e (re)desenho das unidades produtivas (GLIESSMAN, 2005).

O objetivo do presente estudo é avaliar a percepção de agricultores tradicionais quanto ao emprego da adubação verde no manejo do solo e da fixação biológica de nitrogênio em

associação ao cultivo de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*), por meio de metodologias participativas de forma a contribuir para a transição agroecológica do sistema produtivo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Princípios orientadores da agroecologia

Na visão agroecológica, a sustentabilidade do agroecossistema se refere à sua capacidade de manter a produção, com o passar do tempo, diante dos distúrbios ecológicos e das pressões socioeconômicas sobre o mesmo (ALTIERI, 2012). Segundo Gliessman (2005, p. 53), a agricultura sustentável é aquela que atende aos seguintes requisitos:

“(a) teria efeitos negativos mínimos no ambiente e não liberaria substâncias tóxicas ou nocivas na atmosfera, água superficial ou subterrânea; (b) preservaria e recomporia a fertilidade, preveniria a erosão e manteria a saúde ecológica do solo; (c) usaria a água de maneira que permitisse a recarga dos depósitos aquíferos e satisfizesse as necessidades hídricas do ambiente e das pessoas; (d) dependeria, principalmente, de recursos de dentro do agroecossistema, incluindo comunidades próximas, ao substituir insumos externos por ciclagem de nutrientes, melhor conservação e uma base ampliada de conhecimento ecológico; (e) trabalharia para valorizar e conservar a diversidade biológica, tanto em paisagens silvestres quanto em paisagens domesticadas; e (f) garantiria igualdade de acesso a práticas, conhecimento e tecnologias agrícolas adequados e possibilitaria o controle local dos recursos agrícolas”.

Gliessman (2005) defende que também é preciso pensar além da unidade de produção agrícola, procurando contextualizá-la em termos socioeconômicos e sociopolíticos, pois não basta apenas trabalhar a adoção de práticas agroecológicas pelo agricultor. Sevilla Guzmán (2006) relata que a agroecologia surgiu num contexto de redescoberta dos saberes e técnicas praticadas com êxito por agricultores tradicionais (camponeses), durante as últimas décadas do século XX, vinculada aos movimentos de camponeses e técnicos contrários à agricultura convencional. Segundo este autor:

“(...) a agroecologia pode ser definida como o manejo ecológico dos recursos naturais através das formas de ação social coletiva que representam alternativas a atual crise da modernidade mediante propostas de desenvolvimento participativo desde os âmbitos da produção e da circulação alternativa de seus produtos, pretendendo estabelecer formas de produção e consumo que contribuam a encarar a crise ecológica e social, e com ela restaurar o curso alterado da co-evolução social e ecológica. Sua estratégia tem uma natureza sistêmica, ao considerar propriedade, a organização comunitária, e os marcos de relação das sociedades rurais, articulados em torno da dimensão local, onde se encontram os sistemas de conhecimento (local, camponês ou indígena) portadores do potencial endógeno que permite potencializar a biodiversidade ecológica e sociocultural. Essa diversidade é o ponto de partida da agricultura alternativa, a partir da qual o desenho participativo de métodos endógenos de desenvolvimento se destina ao estabelecimento de dinâmicas de transformação em direção a sociedades sustentáveis”. (Sevilla Guzmán, 2006, p. 202).

Já Gliessman (2005, p. 54) afirma que a agroecologia é uma ciência dedicada à “(...) aplicação de conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis (...)”, que são tomados como unidades de estudo. São considerados sustentáveis na

medida em que permitem a colheita de biomassa, ao longo do tempo, sem que sua capacidade de se renovar seja comprometida. A agroecologia pressupõe a co-evolução dos sistemas sociais e ecológicos, considerando que um depende estruturalmente do outro. A concepção de agroecologia inclui os conhecimentos físicos e biológicos no mesmo patamar que os valores éticos e a organização social, de forma que não separa o estudo da biodiversidade agrícola do estudo das culturas que a mantêm (ALTIERI, 2012).

Para Sevilla Guzmán (2006) a agroecologia busca conhecer aquelas experiências que possibilitam formas corretas de apropriação da natureza, sem comprometer a reprodução social e ecológica, de modo a melhorar a qualidade de vida das populações e ampliar a equidade social, dentro dos limites da capacidade de suporte ambiental. Esse autor acrescenta que o potencial endógeno resulta da co-evolução dos sistemas sociais e ecológicos, sendo próprio de cada agroecossistema, em termos de produção de materiais e informações, devendo ser valorizado e aproveitado na perspectiva do desenvolvimento participativo. E que “(...) a perspectiva dos agroecólogos não consiste apenas em investigar os aspectos técnicos em potencial endógeno, mas também comprometer-se nas lutas políticas e éticas dos grupos locais, que buscam manter os recursos junto com a sua identidade” (SEVILLA GUZMÁN, 2006, p. 205).

Os ecossistemas naturais e os agroecossistemas tradicionais (indígenas, quilombolas e camponeses) são tomados como referência inicial básica na abordagem agroecológica da sustentabilidade, o que não significa defender uma volta ao passado. Os primeiros são úteis na compreensão dos fundamentos ecológicos da sustentabilidade, enquanto os demais oferecem vários exemplos de práticas agrícolas consideradas sustentáveis, bem como de sistemas sociais adequados à equação da sustentabilidade (GLIESSMAN, 2005; ALTIERI, 2004).

Para Petersen et al. (2009, p. 86), a agroecologia reconhece a racionalidade ecológica da agricultura familiar camponesa por expressar “(...) estratégias de produção econômica e reprodução socioambiental, resultantes da capacidade das populações rurais de ajustar seus meios de vida aos ecossistemas em que vivem e produzem.” Desse reconhecimento se deriva a convicção de que o conhecimento agroecológico deve ser socialmente construído, com base no diálogo e na interação entre o saber técnico e científico e o saber popular e tradicional. Nesse sentido:

“(...) a agroecologia fomenta a criação e o desenvolvimento de novos dispositivos metodológicos voltados para a produção de conhecimentos, de forma que os potenciais intelectuais de agricultores e agricultoras sejam valorizados em dinâmicas locais de inovação capazes de articulá-los com os saberes científicos institucionalizados.” (PETERSEN et al., 2009, p. 93).

Entre as metodologias de pesquisa e inovação preconizadas estão os diagnósticos participativos (GOMES et al., 2010), as unidades de experimentação participativa (unidades de observação - UO) (COSTABEBER; CLARO, 2007) e as redes de referência (GOMES; MEDEIROS, 2009). As práticas agroecológicas que podem ser adotadas vão desde aquelas mais simples, como o emprego de cobertura morta, visando à proteção do solo, até práticas mais complexas como a implantação de um sistema agroflorestral. As práticas devem ser apropriadas às condições locais, pois não se aplicam modelos ou receitas-padrão. A agroecologia se fundamenta em um conjunto de conhecimentos e técnicas que se desenvolvem a partir dos agricultores e de seus processos de experimentação. Por essa razão, enfatiza a capacidade das comunidades locais em experimentar, avaliar e expandir seu poder de inovação, por meio da pesquisa de agricultor a agricultor e utilizando ferramentas de extensão baseadas em relações mais horizontais entre os atores (ALTIERI, 2012).

## 2.2 Metodologias participativas para avaliação de agroecossistemas

A elaboração de métodos participativos através dos quais os agricultores possam trocar experiências, avaliar, refletir, problematizar, desenvolver tecnologias e realizar inovações, permite avançar na realidade dos agroecossistemas e na transição agroecológica da propriedade. Segundo Gliessman (2005), os agricultores que se encontram no processo de transição tanto da agricultura tradicional como da convencional para uma agricultura agroecológica perpassam por três desafios que são: (a) aumento da eficiência das técnicas convencionais para a redução de insumos externos ao agroecossistema; (b) substituição das técnicas e insumos convencionais por práticas orientadas com base agroecológica; e (c) redesenho do agroecossistema.

Na agroecologia a construção de processos participativos precisa levar em consideração a integração das características sociais, econômicas e ecológicas das comunidades (CANUTO, 2005). Nesse sentido, estudos, pesquisas e práticas têm sido construídos para estabelecer metodologias adequadas para a produção do conhecimento agroecológico. Assim, diversas experiências têm se utilizado de metodologias participativas, permitindo gerar elementos para avançar nos métodos de desenvolvimento atrelados à realidade (SEVILLA; GUZMÁN, 2001). Nesse sentido, o método participativo contribui para o desenvolvimento de tecnologias agrícolas e fortalece a capacidade local de experimentação e inovação dos agricultores, conforme a realidade de seus agroecossistemas.

A importância das metodologias participativas na construção do conhecimento encontra-se no fato de que os agricultores atuam como sujeitos centrais no processo, empoderando-se do significado das suas práticas dentro dos agroecossistemas a partir do diálogo entre o conhecimento científico e as práticas por eles exercidas (CANUTO, 2011). Dessa forma, a participação do agricultor, enquanto ator social contribui como ação positiva, incorporando o olhar de pesquisador empírico dentro do seu agroecossistema (GUHUR; TONÁ, 2012).

Na pesquisa qualitativa, existem diversos instrumentos e métodos, sendo a pesquisa-ação o método que agrega diversas técnicas de pesquisa social, com as quais se estabelece uma estrutura coletiva, participativa e ativa no nível da captação da informação (BRANDÃO, 1985). Esse método pressupõe ênfase à análise das diferentes formas de ação. Os temas são limitados ao contexto da pesquisa com base empírica, voltando-se para a descrição de situações concretas e para intervenção orientada em função da resolução dos problemas efetivamente detectados. Embora privilegie o lado empírico, contrário à pesquisa tradicional na valorização de critérios lógico-formais e estatísticos, a abordagem parte sempre do quadro de referenciais teóricos, sem o qual, a pesquisa-ação não faria sentido (THIOLLENT, 2005; BRANDÃO, 1985).

Em síntese, como propõem os autores acima citados, a pesquisa-ação é uma estratégia metodológica da pesquisa social, na qual existe ampla e explícita interação entre o pesquisador e as pessoas envolvidas na situação investigada. Dessa interação, resulta a priorização dos problemas a serem pesquisados e as soluções a serem encaminhadas em ações concretas. O objeto de investigação não se constitui em pessoas, mas sim, em situações sociais e seus problemas; o objetivo da pesquisa-ação é resolver ou esclarecer os problemas identificados na situação observada. Assim, a pesquisa não se limita à ação, pressupõe um aumento do conhecimento e do “nível de consciência” das pessoas ligadas à situação e do próprio pesquisador.

Os princípios da pesquisa-ação contribuem para a troca de saberes e fazeres, permitindo desenvolver diálogos entre os agricultores e pesquisadores, utilizando técnicas quantitativas e qualitativas de investigação social e agrônômica (GUZMÁN CASADO et al., 2000).

O trabalho de investigação qualitativa da pesquisa-ação deve ser construído junto aos agricultores, potencializando as ações de planejamento, execução e avaliação (THIOLLENT, 2005). Estas ações podem ser realizadas utilizando-se um conjunto de ferramentas

complementares, onde os agricultores e técnicos possuem papel fundamental na definição de demandas, na socialização do conhecimento acumulado e na condução das ações propostas (GUZMÁN CASADO et al., 2000). Trabalhos recentes como os de Matheus (2016), Carvalho (2016), Feiden (2014), Vidal; Machado (2013) e Carvalho (2018), corroboram a importância da pesquisa-ação na construção do conhecimento junto aos agricultores familiares com ênfase na pesquisa agroecológica.

### 2.3 Indicadores de sustentabilidade

O Diante da busca da sustentabilidade nos sistemas agrícolas, o uso de indicadores de sustentabilidade no monitoramento das condições do solo e nas culturas agrícolas constitui-se numa importante ferramenta para a tomada de decisões coletivas, frente às práticas adotadas nos agroecossistemas (MACHADO et al., 2011). Avaliar se um solo se apresenta comprometido ou limitado em relação a um determinado componente, seja ele físico, químico, ou biológico, remete a uma série de reflexões que envolvem aspectos relacionados às atividades agrícolas, principalmente aqueles relativos à fertilidade do solo, além de questões de ordem ambiental relacionadas às alterações naturais e antrópicas do agroecossistema (GOMES, 2010) e no próprio sistema solo-planta.

Avaliações químicas, físicas e biológicas são de grande importância para possíveis inferências sobre a sustentabilidade do solo. Contudo, a maioria dessas inferências considera apenas as propriedades químicas (conteúdo total de carbono orgânico e de nitrogênio) e atributos físicos do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

A manutenção da produtividade dos agroecossistemas depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da biomassa microbiana (FERREIRA et al., 2009). Segundo Nunes et al. (2009), a quantidade e a composição da biomassa microbiana podem ser influenciadas por diversos fatores, entre eles o sistema de cultivo, a rotação de cultura e a textura do solo. Dessa forma, torna-se de fundamental importância a avaliação dos indicadores de sustentabilidade mais sensíveis às práticas de manejo, visando o monitoramento dos impactos positivos ou negativos sobre o sistema solo-planta.

Uma importante ferramenta construída por Altieri; Nicholls (2002) é o método denominado “*Sistema de Avaliação Rápida da Qualidade do Solo e Sanidade dos Cultivos*”, que permite aos agricultores avaliar e medir a sustentabilidade dos agroecossistemas em diferentes estágios de transição agroecológica ou sob diferentes práticas de manejo. Esse método possibilita a compreensão de funções-chaves nos sistemas da diversidade de microrganismos, ciclagem de nutrientes da matéria orgânica e da interação das plantas e dos animais (ALTIERI; NICHOLLS, 2002). Esse método se baseia na aplicação de indicadores de fácil compreensão pelos agricultores, pontuando de 1 a 10 as características relacionadas às variáveis da qualidade do solo e da sanidade dos cultivos. Uma lista de indicadores para avaliar as variáveis do solo e do manejo dos cultivos é construída junto aos agricultores, de forma participativa, a partir de indicadores pré-estabelecidos (Altieri; Nicholls (2002); Machado; Vidal, (2006)) com possibilidade de incorporar novos indicadores, de acordo com os desafios locais.

Nicholls et al. (2004) afirmam que o método de *Avaliação Rápida da Qualidade do Solo e Sanidade dos Cultivos* permite identificar o impacto do manejo sobre o agroecossistema, e enfatiza, com base em experiências realizadas junto a agricultores, a necessidade da aplicabilidade dos indicadores de sustentabilidade conforme a realidade local, e justifica a importância e relevância do método com base nos seguintes pontos: (1) facilidade de utilização pelos agricultores; (2) facilidade de análise e interpretação; (3) contribuição para orientação nas

tomadas de decisão; (4) sensibilidade para a visualização de mudanças ambientais e efeito da adoção de determinadas práticas de manejo dos sistemas produtivos; (5) estabelecimento de conexão entre propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos; e (6) possibilidade de relacionar os processos existentes nos agroecossistemas, como por exemplo os diversos benefícios da agrobiodiversidade.

Essa metodologia se propõe a avaliar a evolução de processos de transição agroecológica comparando o próprio agroecossistema ao longo do tempo (Altieri; Nicholls, 2002). O ponto-chave da metodologia é possibilitar que os envolvidos compreendam que existem duas funções nos ecossistemas naturais que devem estar presentes na agricultura: a biodiversidade e a ciclagem biológica de nutrientes da matéria orgânica (Altieri, 2012). Assim, o objetivo da metodologia é avaliar o agroecossistema por meio de indicadores sensíveis a mudanças ambientais e fáceis de estimar em campo (Nicholls et al., 2004).

## **2.4 Adubação verde e seu uso nos agroecossistemas**

A preocupação atual com o meio ambiente tem colocado em destaque a degradação dos recursos naturais. No Brasil, a degradação do solo é intensa, mas a sua extensão tem sido ainda pouco avaliada. A degradação causada pela exploração intensiva e indevida do solo pela agropecuária rompe o equilíbrio entre os atributos físicos, químicos e biológicos dos agroecossistemas, inviabilizando o desenvolvimento socioeconômico (ESPINDOLA et al., 2004). A capacidade intrínseca de produção agrícola dos solos está íntima e diretamente relacionada aos seus teores de matéria orgânica e de nitrogênio. Manter esses dois componentes em nível satisfatório na maioria dos solos cultivados é um desafio (CARVALHO; AMABILE, 2006).

A adubação verde consiste na utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação de culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando à proteção superficial, bem como a manutenção e a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, inclusive a profundidades significativas. Eventualmente, as plantas utilizadas como adubos verdes podem ter outras destinações, como, por exemplo, a produção de sementes, fibras e alimentação animal (COSTA et al., 1993).

O uso de leguminosas como plantas de cobertura de solo revela-se como uma estratégia importante para aumentar a sustentabilidade dos agroecossistemas, trazendo benefícios para o solo e para as culturas (GUERRA; TEIXEIRA, 1997). A realização dessa prática agrícola pode trazer algumas vantagens, como a possibilidade de fixação de nitrogênio, enriquecimento do solo em compostos orgânicos e presença de sistema radicular ramificado e profundo, promovendo aumento da ciclagem de nutrientes presentes em camadas profundas do solo (COSTA et al., 1993); aumento do aporte de biomassa às áreas cultivadas (ESPINDOLA et al., 2005); aumento da proteção do solo contra a erosão; favorecimento da manutenção da umidade e maior infiltração da água do solo, favorecimento da atividade microbiana e da sua fauna, controle de plantas espontâneas (ESPINDOLA et al., 1997).

A adubação verde é uma prática importante na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. Diversos trabalhos constataram seus efeitos na proteção do solo, mediante a redução das perdas por erosão; o aumento da capacidade de troca catiônica e da ciclagem de nutrientes das camadas mais profundas para a superfície, dentre outras (AMABILE et al., 2000). Estratégias de manejo que mantêm ou adicionam carbono ao solo têm bom potencial para a melhoria da qualidade física do solo e, conseqüente, para o crescimento das plantas (ANDRADE et al., 2009).

Os sistemas de adubação verde, em sucessão à cultura principal, protegem o solo do impacto direto das gotas de chuva na entressafra e evitam bruscas variações no grau de umidade

do solo (SILVA et al., 2007). Dentre as abordagens relacionadas ao uso dos adubos verdes, quanto aos atributos físicos, Amabile; Carvalho (2006) relatam alguns benefícios que essa prática promove, entre eles está proteger o solo contra erosões hídricas e eólicas. A cobertura da adubação verde protege o solo de chuvas de alta intensidade, preservando a agregação e a porosidade do solo e, conseqüentemente, melhora a permeabilidade e retenção de água; aumenta a infiltração de água, devido ao efeito da cobertura e do sistema radicular dos adubos verdes, reduzindo, dessa forma, o transporte de solo, fertilizantes e agrotóxicos, assoreando e poluindo recursos hídricos em enxurradas, além de evitar grandes variações térmicas das camadas superficiais do solo, com redução da perda d'água por evaporação direta.

Ela permite, ainda, o aporte de quantidades expressivas de biomassa, possibilitando uma elevação no teor de matéria orgânica do solo ao longo dos anos. Como consequência, obtém-se aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, reduzindo perdas por lixiviação em função da maior retenção de nutrientes (KIEHL, 1985). Contribui também para a redução da acidez do solo, a partir da decomposição dos resíduos vegetais. Segundo Liu; Hue (1996), durante a decomposição dos resíduos, são produzidos ácidos orgânicos, capazes de complexar íons  $Al^{+++}$  presentes na solução do solo, reduzindo, dessa forma, o alumínio tóxico do solo. Outro efeito benéfico dessa prática nas características químicas do solo diz respeito à ciclagem de nutrientes (COSTA et al., 1993).

A eficácia da adubação verde está condicionada à escolha adequada da espécie a ser empregada com essa finalidade, levando-se em conta os fatores climáticos, o solo, o sistema agrícola adotado e a finalidade dessa adubação. Calegari et al. (1993) salientam que a espécie mais indicada para um dado regime de exploração agrícola depende do seu ciclo, da sua produção de biomassa, do seu porte e, ainda, da sua adaptação ao clima e ao solo. Já Silva et al. (2007) consideram como espécies potenciais aquelas com capacidade de produzir biomassa vegetal em abundância e rica em nutrientes, bem como tenham sistema radicular profundo e capacidade de associar-se a fungos micorrízicos ou a bactérias diazotróficas. Além disso, o tempo de decomposição e a conseqüente velocidade que os nutrientes contidos nele estarão disponíveis para as culturas, é fator a ser considerado na estratégia de manejo a ser considerada de acordo com o cultivo comercial a que se deseja atender com a adubação verde.

As leguminosas constituem algumas das plantas mais utilizadas como adubos verdes, embora espécies de outras famílias botânicas também sejam utilizadas. Devido à capacidade das leguminosas de fixarem nitrogênio atmosférico em associação com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, essas plantas podem substituir os adubos minerais no fornecimento de N para várias culturas de interesse comercial (ESPINDOLA et al., 1997).

O uso de adubos verdes como plantas de cobertura favorece o controle de plantas espontâneas, devido aos efeitos alelopáticos de determinadas espécies, à competição por luz, água, oxigênio e nutrientes, aspectos que provocam alterações na dinâmica de sucessão das espécies espontâneas (FAVERO et al., 2001).

A biomassa dos adubos verdes sobre cobertura traz benefícios na redução de populações de fungos fitopatogênicos e no controle de nematoides (SANTOS, 2009). Moraes et al. (2006) obtiveram como resultado o controle de fitonematoides com destaque para as espécies de crotalárias, reduzindo significativamente a população de nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp.) em cultivos de hortaliças.

Para Calegari (2014), o que tem contribuído para resultados negativos no uso das práticas é a ausência de planejamento e monitoramento, uso inadequado do diagnóstico, pouca diversidade de plantas e visão pragmática do uso das espécies estratégicas na transição dos agroecossistemas.

## 2.5 *Crotalaria juncea*

A leguminosa *Crotalaria juncea* possui histórico de cultivo, em muitos países, relacionado à produção de fibras (CALEGARI et al., 1993). No Brasil, o uso da *C. juncea* se destaca pelo grande potencial de cobertura de solo no sistema de plantio direto, cujo uso como adubo verde é amplamente preconizado face ao seu rápido crescimento, supressão de ervas espontâneas, produção de biomassa, fixação biológica de nitrogênio e adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Possui caráter subarbuscular e ciclo anual, podendo atingir até 3 metros de altura.

Apresenta resposta a fotoperíodo, comportando-se como planta de dias curtos, de forma que a época da sementeira influencia seu porte e produção de biomassa (AMABILE et al., 1996). Assim, dias longos favorecem o crescimento vegetativo e dias curtos, a produção de sementes (WUTKE et al., 2014). Tem característica de tolerância a déficit hídrico, desde que não ocorra compactação ou adensamento de solo. Apresenta ciclo curto até a floração, finalizando o ciclo com 120 dias, quando semeada em novembro no sudeste do Brasil (PEREIRA et al., 1992). Essa característica permite que *C. juncea* seja semeada em pré-cultivo, no início do verão, para plantio da cultura comercial em sucessão.

Ela pode ser cultivada solteira ou consorciada com milho, mandioca, hortaliças de fruto (berinjela, tomate, quiabo, jiló, pimentão, dentre outras), brássicas (repolho, brócolos, couve-flor, entre outras), inhame, batata doce e cana de açúcar (ESPINDOLA et al., 2005; ALMEIDA et al., 2007). Quanto à densidade de sementeira, deve-se levar em conta o uso e o manejo da espécie, bem como se os resíduos serão deixados em cobertura ou se será cultivada para produção de sementes. Densidades mais elevadas devem ser utilizadas para cobertura, reduzindo a população de plantas quando o objetivo for a incorporação (CARVALHO; AMABILE, 2006).

A leguminosa *C. juncea* desenvolve-se em solos argilosos a franco arenosos e arejados, não tolerando encharcamento (PEREIRA et al., 1992). Apresenta elevado potencial para produção de biomassa no período do verão, chegando a acumular 17 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca (AMABILE et al., 2000). Já no período da primavera, foram obtidas até 7 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, representando alternativa estratégica para cobertura do solo e ciclagem de nutrientes, quando do seu plantio na entressafra (SALTON et al., 1993). Ricci et al (2005), relatam valores de produtividade correspondentes a 16 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca e valores de 444 kg ha<sup>-1</sup> para N acumulado nessa biomassa. A partir disso, considerando uma contribuição de 64,5% de N derivado da FBN (PAULINO et al., 2009), seria possível obter, aproximadamente, 286 kg ha<sup>-1</sup> de N derivado do processo de FBN.

Dessa forma, a leguminosa *C. juncea* proporciona eficiente cobertura de solo por seus resíduos, assim como efetiva cobertura viva do solo no período inicial de crescimento, chegando a 100% de supressão de plantas espontâneas aos 50 dias após a sementeira (SALTON et al., 1993). O manejo da biomassa, quando incorporada, favorece maior disponibilidade de nutrientes, enquanto o plantio direto proporciona maior proteção do solo (ALCÂNTARA et al., 2002). Além disso, é eficiente no controle de nematóides, refúgio para inimigos naturais de pragas agrícolas e atração de insetos polinizadores.

Outra característica dessa espécie é sua capacidade elevada para fixar N, que segundo Calegari (2014) pode chegar a 165 kg ha<sup>-1</sup>, sendo eficiente também na absorção e acúmulo de outros nutrientes.

As principais ocorrências fitossanitárias em crotalária são fungos: *Ceratocystis fimbriata*, causador da murcha, *Fusarium* sp., *Oidium* sp. e *Phomopsis phaseoli* responsável pelo cancro das hastes; e lagartas: lagarta das vagens (*Heliothis* sp.) e lagarta preta (*Utetheisa ornatrix*) (WUTKE et al, 2009; CARVALHO; AMABILE, 2006;).

## 2.6 Fixação biológica de nitrogênio

O nitrogênio (N) constitui aproximadamente 78% da atmosfera terrestre, ocorrendo na forma molecular diatômica ( $N_2$ ), utilizável apenas por determinadas espécies de microrganismos procarióticos, que possuem a enzima nitrogenase e assim são capazes de reduzi-lo para a forma de amônia ( $NH_3$ ), por meio do processo conhecido como fixação biológica do nitrogênio (FBN) (RAIJ, 1991). A FBN é considerada um dos principais processos biológicos do planeta, e pode ser tanto simbiótica (caracterizada por associações mutualistas entre microrganismos fixadores e espécies vegetais), quanto assimbiótica (promovida por microrganismos fixadores de vida livre) (VIDOR et al, 1983).

Os microrganismos capazes de fixar o nitrogênio são chamados de diazotróficos. Na fixação simbiótica, esse nutriente é disponibilizado para a planta hospedeira, sob a forma de amônia, que se combina com os ácidos orgânicos provenientes da fotossíntese na formação dos aminoácidos. Na fixação assimbiótica, o nitrogênio é transformado em formas orgânicas a nível celular, para atender às necessidades metabólicas do microrganismo e, só após sua morte, o N orgânico existente na célula microbiana será mineralizado, ficando disponível para as plantas (VIDOR et al, 1983).

Sendo o processo de FBN restrito apenas a determinados microrganismos que ocorrem livremente no solo ou em associação com algumas espécies vegetais, a quantidade de N no solo varia diretamente com o teor de matéria orgânica do mesmo. Assim, a disponibilidade de N para as plantas está, normalmente, associada a dependência direta da decomposição da matéria orgânica ou da aplicação de adubos nitrogenados (ARAÚJO; HENSON, 1988).

## 2.7 Fixação biológica de nitrogênio pela simbiose rizóbios-leguminosa

Na agricultura, a fixação biológica de nitrogênio simbiótica destaca-se pela atuação dos rizóbios, bactérias da ordem Rhizobiales, que promovem nas raízes de leguminosas estruturas especializadas, denominadas nódulos radiculares. Os nódulos são estruturas que promovem ambiente protegido contra efeitos ambientais e fornecem alimento na forma de fotossintatos aos rizóbios que, em troca, fornecem às plantas o  $NH_3$  proveniente da fixação do  $N_2$  (RAIJ, 1991).

O estabelecimento da simbiose das leguminosas pode ocorrer naturalmente em razão da presença, na maioria dos solos tropicais, de rizóbios capazes de infectar as raízes e promover a nodulação. A FBN nas leguminosas consiste na complementaridade dos processos de nodulação e fixação do nitrogênio de forma eficiente. A nodulação é um processo complexo que se inicia logo após a germinação da semente em contato com o rizóbio no solo ou através da técnica de inoculação de estirpes específicas à semente da leguminosa de interesse econômico (HUNGRIA et al., 2013). Este processo tem como principais etapas a pré-infecção, infecção, desenvolvimento nodular e ativação e funcionamento do nódulo.

O nódulo é resultante da infecção primária do rizóbio, que se aloja no interior das células corticais do sistema radicular. Nessa condição intracelular, a bactéria se assemelha a uma organela celular, recebendo a denominação de bacteróide, que é a forma diferenciada do rizóbio que fixa o nitrogênio (CASSINI; FRANCO, 1998). O tempo de aparecimento dos nódulos nas raízes e o início de atividade da nitrogenase é variável, dependendo das espécies de leguminosas e de rizóbios (HUNGRIA; FRANCO, 1994).

A enzima nitrogenase, responsável pela FBN, é sensível ao excesso de oxigênio, podendo causar danos na sua capacidade fixadora. Entretanto, cada organismo fixador desenvolveu estratégias de sobrevivência ao excesso de oxigênio. Na simbiose rizóbio-leguminosas, a estratégia desenvolvida é a produção da proteína leghemoglobina, que confere cor avermelhada presente no interior dos nódulos radiculares ativos (CASSINI; FRANCO,

1998), e representa uma forma de sistema tampão para o oxigênio (NEVES; RUMJANEK, 1992). Esse mecanismo é responsável pela proteção da enzima, transportando o oxigênio e equilibrando as concentrações do metabolismo aeróbico dos bacteroides e a síntese do ATP necessário à fixação, porém, nunca prejudiciais à atividade da nitrogenase. Dessa forma, os nódulos radiculares das leguminosas constituem-se em compartimentos altamente especializados onde os processos de fixação do nitrogênio e consumo de oxigênio foram fisiologicamente compatibilizados (NEVES; RUMJANEK, 1992; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

A forma, tamanho e distribuição dos nódulos no sistema radicular das plantas são indicadores da eficiência da simbiose na fixação do nitrogênio. Os nódulos considerados eficientes no processo de FBN são geralmente grandes, relativamente pouco numerosos e de superfície rugosa, distribuídos nas raízes principal e secundárias de primeira ordem (NEVES; RUMJANEK, 1992).

O desenvolvimento dos nódulos é controlado pelos hormônios auxinas, citocininas e giberelinas durante todo ciclo da planta. Após a floração da planta hospedeira, os nódulos entram em senescência e a leghemoglobina é degradada (LARCHER, 2000). Como a deficiência de N limita as produções das culturas, a simbiose rizóbio-leguminosas desempenha papel fundamental, não só suprimindo total ou parcialmente as necessidades das leguminosas hospedeiras nesse nutriente como, também, enriquecendo o solo com restos culturais destas plantas (HUNGRIA et al., 2000).

## **2.8 Fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*)**

A FBN em feijoeiro ocorre a partir da formação dos nódulos, resultado da infecção radicular por bactérias do grupo dos rizóbios, cuja caracterização taxonômica envolve um grande número de espécies distintas (MARTÍNEZ-ROMERO, 2003). O feijoeiro comum é considerado uma espécie de baixa capacidade de realizar FBN em comparação com outras leguminosas como a soja e o feijão-caupi. Isso se evidencia pelos valores médios de produtividade, mostrando a baixa capacidade da planta em atingir seu máximo potencial produtivo, quando dependente apenas da FBN (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999).

Diversos estudos têm demonstrado a viabilidade dessa tecnologia no sistema produtivo do feijoeiro, evidenciando que a seleção de estirpes simbióticas adequadas potencializa incrementos na produtividade da cultura sob condições de FBN (HUNGRIA et al., 2000). Isto é constatado na agricultura familiar, onde a produtividade é compatível com o nível tecnológico utilizado (OLIVEIRA et al., 1998).

Entretanto, mesmo que a FBN não seja suficiente para suprir todo o N requerido para o desenvolvimento da planta do feijoeiro, e seja necessária a realização de adubações nitrogenadas complementares, a redução da necessidade de adubação na cultura pode representar um ganho ambiental e, sobretudo econômico.

Segundo FERREIRA et al. (2000), a inoculação de estirpes eficientes de *Rhizobium* em feijoeiro da cultivar Carioca, ou seu cultivo em solos com populações de estirpes nativas eficientes, pode possibilitar a não utilização de N em cobertura na cultura, sem afetar a produtividade. A inoculação no campo com estirpes selecionadas contribuiu, de forma significativa, para o aumento no rendimento de grãos de feijão (SOARES et al., 2006) sendo que as produtividades alcançadas foram semelhantes às do tratamento com 70 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Com a crescente preocupação da sociedade sobre a sustentabilidade da agricultura, a perspectiva da aplicação dos recursos tecnológicos associados à FBN é cada vez maior, uma vez que a produção de fertilizantes nitrogenados é extremamente intensiva em energia fóssil e o seu uso e baixo aproveitamento contribuem para a poluição dos recursos hídricos e para a

emissão de gases de efeito estufa (HUNGRIA et al., 2007).

O potencial de fixação de N via simbiose pode alcançar 300 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo da espécie, sendo que no feijoeiro há registros de acúmulos da ordem de 125 kg ha<sup>-1</sup> (PEOPLES et al., 1995), demonstrando que, dependendo do potencial genético dos simbiossantes, é possível que o feijoeiro se beneficie unicamente do processo de FBN, em condições de campo, podendo alcançar produtividades acima de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> (HUNGRIA et al., 2003).

Outros resultados apontam a possibilidade de se recomendar a redução da adubação nitrogenada de plantio, empregando-se a FBN como forma de fornecimento desse nutriente na fase inicial de crescimento da planta, sem redução da produção (HUNGRIA et al., 2003; PELEGRIN et al., 2009). Porém, ainda é um desafio a popularização das técnicas de inoculação e o desenvolvimento de pesquisas para evidenciar a melhor época e dose ideal de N a ser aplicada, tanto em sistemas orgânicos de produção quanto em sistemas convencionais.

A falta de respostas à inoculação tem sido atribuída à população numerosa, mas ineficiente, de rizóbios nativos na maioria dos solos (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999; HUNGRIA; VARGAS, 2000). Por esse motivo, a população do rizóbio inoculado que consegue se estabelecer no solo é bastante variável, pois depende da combinação entre uma série de condições ambientais. Dentre os fatores abióticos que afetam a FBN no feijoeiro, destaca-se a acidez do solo que afeta os aspectos da nodulação e fixação biológica, desde a sobrevivência e multiplicação do rizóbio até o processo de infecção e desenvolvimento do nódulo (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999; HUNGRIA; VARGAS, 2000).

A ocorrência de deficiências hídricas durante o ciclo de cultivo do feijoeiro comum tem efeito negativo em diferentes etapas do processo de nodulação e na atividade nodular, além de afetar a sobrevivência do rizóbio no solo (HUNGRIA; VARGAS, 2000). A salinidade do solo e as flutuações osmóticas associadas aos períodos de déficit hídrico resultam em diminuição da sobrevivência das populações de rizóbio no solo ou redução no seu crescimento (ZAHKAN, 1999). A ocorrência de altas temperaturas no solo afeta a sobrevivência do rizóbio, o processo de infecção e a formação dos nódulos (HUNGRIA; VARGAS, 2000). A senescência precoce dos nódulos aliada à nodulação tardia, também limitam a fixação de N<sub>2</sub>, principalmente em culturas de ciclo curto como o feijoeiro comum, que se caracteriza pela rápida senescência dos nódulos e pela redução significativa da FBN logo após a floração.

Um dos fatores que contribuem para a baixa eficiência dos inoculantes rizobianos utilizados no cultivo do feijoeiro comum é a promiscuidade da planta hospedeira, capaz de nodular com estirpes nativas e naturalizadas abundantes em solos tropicais, cuja densidade, eficácia e habilidade competitiva afetam as respostas à inoculação (MARTÍNEZ-ROMERO, 2003). Por causa da variabilidade encontrada no feijoeiro quanto à eficiência do processo de FBN, tem sido enfatizada a importância do melhoramento genético da planta para otimizar o fornecimento de N via fixação biológica. Nos estudos da FBN, muita atenção tem sido dada à seleção do microsimbionte, sendo a seleção de estirpes o principal recurso para a otimização da FBN (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999). Por outro lado, a seleção de cultivares para essa finalidade tem recebido pouca atenção. Uma preocupação recente tem sido a inclusão da FBN nos programas de melhoramento do feijoeiro, porém, esta introdução é dificultada pela falta de marcadores, sejam estes fenotípicos ou genotípicos, para seleção de plantas com maior potencial para FBN (HUNGRIA; VARGAS, 2000).

## **2.9 Preparado de raízes finas noduladas**

Os solos tropicais são ricos em estirpes nativas e naturalizadas fixadoras de nitrogênio e sua utilização pode ser outra estratégia no favorecimento da FBN em culturas comerciais. Mesmo em cultivos nos quais as sementes não foram inoculadas, é comum observar a

nodulação efetiva de feijoeiro comum, graças à presença de estirpes nativas (PELEGRIN et al., 2009). Soares et al. (2006) avaliaram o desempenho de estirpes nativas selecionadas em comparação à estirpe referência de *R. tropici* CIAT 899, e observaram que três das estirpes nativas selecionadas promoveram produtividade de grãos semelhante à estirpe referência CIAT 899 e ao tratamento com adubação de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N, demonstrando eficiência das estirpes nativas. Recentemente, Otsubo et al. (2013) verificaram que estirpes nativas proporcionaram produtividades superiores às obtidas com a estirpe referência, recomendando essas estirpes como novos inoculantes para o feijoeiro-comum.

Provavelmente, durante a domesticação do feijoeiro-comum, houve um processo indireto de seleção negativa em relação à capacidade de nodulação e fixação de N, devido à seleção de outras características desejáveis (MYTTON, 1984). As condições de seleção para incremento em características da FBN devem ser aquelas que permitam discriminar linhagens com alto ou baixo potencial de fixação.

Entretanto, mais recentemente, tem se resgatado a técnica de inoculação a partir das raízes finas noduladas de plantas sadias como alternativa aos fertilizantes nitrogenados e aos inoculantes comerciais. O Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias – INIAP/ECUADOR propôs a fabricação de inoculante alternativo preparado com nódulos do solo da própria unidade de produção agrícola, tendo como procedimento a extração de nódulos ativos (que apresentam cor avermelhada), lavados, homogêneos em liquidificador com água e açúcar, misturados com turfa, para então serem misturados às sementes (INIAP, 2002).

Wutke et al. (2007) propõem procedimento semelhante, utilizando nódulos macerados em água, adicionando-se fosfato natural, calcário, pó de carvão ou argila, para facilitar a visualização na hora de misturar o inoculante com as sementes.

Rumjanek et al. (2017) descrevem a prática alternativa para inoculação de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) a partir do preparado de raízes finas noduladas voltada para os agricultores familiares. Essa prática é benéfica para a manutenção e aumento da população de espécies de rizóbios mais adaptadas às condições edofoclimáticas onde se localiza a unidade produtiva, fornecendo para o sistema solo planta uma rizosfera rica em microrganismos promotores de desenvolvimento e crescimento vegetal, solubilização de nutrientes e minerais. Devido ao difícil acesso dos agricultores familiares a inoculantes comerciais para o feijoeiro, essa prática pode representar uma fonte viável de rizóbios para maximizar a FBN na cultura, diminuindo os custos de produção e o uso de adubos sintéticos nitrogenados.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização e contexto da construção do conhecimento agroecológico no território de estudo

Desde 2015 a Cáritas Brasileira Regional Minas Gerais, em parceria com o Ministério Público do estado de Minas Gerais (MP-MG), através de sua Coordenadoria de Inclusão e Mobilização Sociais (CIMOS/MP-MG) iniciaram o *Programa de apoio à agricultura familiar e agroecológica nos municípios de Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro e Dom Joaquim*, que possibilitou construir alternativas econômicas e socioambientais ao Projeto Minas Rio, pertencente à mineradora Anglo American<sup>1</sup>, que explora 26,5 milhões de toneladas de minério de ferro por ano em Conceição do Mato Dentro - MG com previsão de exploração por 30 anos. O empreendimento minerário em questão possui o maior mineroduto<sup>2</sup> do mundo, com 525 km de extensão, que sai da mina em Conceição do Mato Dentro, atravessa 32 municípios mineiros e fluminenses até o porto do Açú em São João da Barra - RJ. O projeto Minas Rio, assim como outros empreendimentos minerários, além do alto impacto poluidor do solo, do ar e das águas, bem como violação de direitos humanos, pode promover a desestruturação do desenvolvimento rural local afetando diretamente a soberania e a segurança alimentar das famílias camponesas.

O programa executado pela Cáritas entre 2015 e 2018 tinha como objetivo fomentar, através de subsídios e assistência técnica e extensão rural – ATER, pequenos projetos alternativos comunitários – PACs, baseados nos princípios da economia solidária e da agroecologia, abordando as temáticas de direitos humanos, produção agroecológica animal e vegetal, agroindústrias, mulheres, juventude, povos e comunidades tradicionais, comercialização, tecnologias sociais, dentre outras.

O território abrangido pelo programa tem forte composição por comunidades quilombolas e é caracterizado por ter uma contribuição expressiva da agricultura familiar, desde o final do século XVII, junto com o primeiro ciclo do ouro no estado. Hoje, no estado de Minas Gerais, há mais de 800 comunidades quilombolas identificadas. Nesse sentido, a Cáritas priorizou o trabalho com as comunidades quilombolas do território, com destaque para a comunidade da Cachoeira, no município de Dom Joaquim.

Na atuação da ATER, foram construídos junto à Associação Comunitária Quilombola - ASCAXAR, quatro projetos (PACs): um voltado à aquisição de equipamentos para agroindústria de farinha, outro para implantação de Sistemas Agroflorestais – SAFs, um terceiro para construção de campo de multiplicação de sementes crioulas, e um último voltado ao fortalecimento da cultura da Marujada e da Caboclada. Além desses projetos, foram realizadas diversas oficinas temáticas voltadas para a produção agroecológica, intercâmbios e encontros locais. A partir do trabalho realizado pela Cáritas, a ASCAXAR iniciou o uso de adubos verdes como estratégia de transição agroecológica e manejo do solo junto às famílias participantes. Esse contexto possibilitou o aprofundamento de avaliações sobre as técnicas de manejo agroecológico do solo com o uso de adubos verdes e microrganismos de solo, junto a

---

<sup>1</sup> Anglo American plc. é uma das maiores companhias de mineração do mundo, com sede no Reino Unido e ações negociadas nas bolsas de Londres e Joanesburgo. Seu portfólio de negócios atende às diferentes necessidades dos clientes e abrange commodities de alto volume – minério de ferro e manganês; carvão metalúrgico e carvão mineral; metais básicos e minerais – cobre, níquel, nióbio e fosfatos; e metais e minerais preciosos – nos quais é líder global em platina e diamantes. (<https://brasil.angloamerican.com/pt-PT>)

<sup>2</sup> A estrutura do mineroduto é composta por um cano que transporta a polpa de minério, composta por 35% de água e 65% de minério de ferro.

agricultores experimentadores que se destacaram e se dispuseram a realizar o presente trabalho, com foco na produção de feijão, alimento essencial para a segurança alimentar das famílias envolvidas.

### 3.2 Construção da Unidade de Observação

Foi implantada uma Unidade de Observação - UO na área de produção coletiva da comunidade de agricultores familiares da ASCAXAR, onde outras experiências têm sido construídas, como sistemas agroflorestais (SAFs) e produção de lavouras anuais. Os agricultores já possuíam experiências anteriores com o uso de adubos verdes como, por exemplo, plantio de crotalaria para adubação verde em rizicultura.

A UO estava localizada nas coordenadas geográficas 43°13'07" de longitude W e 18°49'32" de latitude S, com altitude de 715m. Com sua implantação buscou-se consolidar e constituir um espaço didático de forma coletiva com os agricultores experimentadores. A área de estudo era ocupada por nove famílias quilombolas que realizavam o plantio de lavouras de feijão, milho, mandioca, hortaliças, legumes e criavam pequenos animais de forma coletiva e individual. A região apresenta clima Tropical de Altitude do tipo Cwb, de acordo com a classificação climática de Köppen (1948), com temperatura média anual de 20°C, sendo a mínima de 14° C e a máxima de 27,5° C, com chuvas bem distribuídas entre os meses de novembro a março. O índice pluviométrico médio está em torno de 1500 mm anuais, a altitude varia entre 600 a 1200 m.

Em relação à fisionomia e composição vegetal, a região se encontra na parte Leste da região Central de Minas Gerais, em área de transição de Cerrado e Campos Rupestres de altitude, para florestas de Mata Atlântica. Em Dom Joaquim, predomina a Mata Atlântica, caracterizada pela presença exclusiva de espécies florestais desse bioma (IGAM, 2009), compondo a bacia do Rio Doce.

O solo da área escolhida para a UO é um Latossolo Vermelho Amarelo. A análise de solo da UO, na camada de 0–20 cm, efetuada de acordo com Ribeiro et al. (1999), apresentou os seguintes atributos químicos: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,8; Matéria orgânica = 2,4 g kg<sup>-1</sup>; P = 8,5 mg dm<sup>-3</sup>; K = 154 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 3,6 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,1 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al = 3,10 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; Soma de bases = 5,09 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC = 8,10 cmolc dm<sup>-3</sup>.

A escolha da área para a UO baseou-se em aspectos como: histórico de uso da área, presença de outras experiências com práticas agroecológicas, disponibilidade de insumos e recursos como esterco, irrigação, microtrator e mão de obra.

A metodologia, cronograma e objetivos da construção da UO foram consolidadas em uma série de reuniões junto à ASCAXAR e as famílias que participavam dos PACs na comunidade. A cultura anual escolhida pelas famílias foi o feijoeiro comum, pela disponibilidade de sementes guardadas pelos guardiões locais, pelo ciclo curto, e pela experiência e domínio do plantio pela comunidade. A opção por utilizar os adubos verdes veio das observações dos resultados atingidos pelos agricultores em plantios anteriores de forma pontual e através de intercâmbios em outras experiências com agricultores guardiões de sementes em Turmalina – MG. A escolha da *Crotalaria juncea* se deu por já ter sido cultivada pelos agricultores e ter sementes disponíveis para uso na UO.

A implantação da UO ocorreu em outubro de 2018, sendo organizada em dois ciclos de cultivo. O primeiro (Ciclo I) foi caracterizado pelo plantio do adubo verde (crotalaria) e a avaliação participativa dos seus efeitos no solo e a sanidade do cultivo. O segundo ciclo (Ciclo II), por sua vez, foi caracterizado pelo plantio do feijoeiro comum em sucessão ao adubo verde em diversos tratamentos, utilizando-se o preparado de raízes finas para a inoculação das sementes de feijão.

### 3.3 Ciclo I

#### 3.3.1 Cultivo da *Crotalaria juncea*

Na área referente à implantação da UO foi realizada calagem em 21 de julho de 2019, com manejo de uma grade aradora, sendo aplicado o equivalente a 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário, de acordo com recomendação da análise de solo da área.

A UO foi implantada em uma área total de 768 m<sup>2</sup>, sendo organizada em quatro talhões, com as dimensões de 12,0 m por 16,0 m, correspondendo cada talhão a 192 m<sup>2</sup>. Os talhões foram separados entre si por 0,50 m. No ciclo I, foi realizado o plantio de crotalaria nos talhões 1 e 2 (Figura 1), para produção de biomassa. Os outros dois talhões, 3 e 4, foram deixados em pousio para o crescimento da vegetação espontânea.

Talhão 1	<i>Crotalaria juncea</i> (cobertura)	<i>Crotalaria juncea</i> (cobertura)
Talhão 2	<i>Crotalaria juncea</i> (Incorporada)	<i>Crotalaria juncea</i> (Incorporada)
Talhão 3	Pousio	Pousio
Talhão 4	Pousio	Pousio

**Figura 1** - Arranjo esquemático do ciclo I de plantio da Unidade de Observação na comunidade Cachoeira, município de Dom Joaquim, MG.

O plantio de crotalaria foi realizado no dia 20 de outubro de 2018. O solo foi manejado com o uso de microtrator acoplado a um sulcador. A semeadura foi realizada de forma manual, em linhas com espaçamento de 0,50 m entre fileiras e distribuição média de 40 sementes/m, de acordo com a recomendação técnica de Pereira et al. (2005).

O manejo e roçada, com roçadeira costal, da crotalaria e da vegetação espontânea foram realizados em conjunto com os agricultores experimentadores, no dia 6 de abril de 2019. Essa ação foi realizada em formato de mutirão, o que possibilitou avaliar com os envolvidos estratégias para maximizar o uso da mão de obra, que muitas vezes é um desafio para implementação de novas tecnologias, e mensurar quais maquinários poderiam ser utilizados em plantios futuros.

Foram identificadas as espécies de vegetação espontânea nos talhões 3 e 4 sendo predominante a *Brachiaria decumbens* e *Sida glaziovii*. A vegetação espontânea após ser roçada foi retirada das áreas dos talhões, deixando o solo descoberto até o plantio do feijão para avaliarmos os efeitos do tratamento com o uso de NPK (talhão 3) e do controle (talhão 4) sem a interferência dos efeitos da cobertura da vegetação espontânea. No talhão 1, o resíduo de crotalaria foi deixado em cobertura ao solo após a roçada, e no talhão 2 a *C. juncea* foi incorporada ao solo com o uso de uma grade aradora.

### 3.3.2 Avaliação do Ciclo I

Durante o ciclo I, foi realizada uma avaliação das características e efeitos da crotalária no solo e na paisagem agrícola através de indicadores de sustentabilidade conforme ALTIERI; NICHOLLS (2002) adaptado por MACHADO; VIDAL (2006), com a participação de nove agricultores experimentadores. Essa atividade ocorreu em 20 de fevereiro de 2019, aos 112 dias após o plantio – DAP, no período de floração da crotalária.

Essa avaliação foi dividida em três momentos, sendo o primeiro uma apresentação sobre as metodologias participativas e da importância da pesquisa ação para a construção do conhecimento agroecológico, enquanto instrumentos de empoderamento dos agricultores e de avaliação dos agroecossistemas, contribuindo para tomadas de decisão e manejos. O segundo momento foi o treinamento de uso dos Indicadores de Sustentabilidade baseados no método para monitoramento de agroecossistemas denominado de “Sistema de Avaliação Rápida da Qualidade do Solo e Sanidade dos Cultivos” (ALTIERI; NICHOLLS, 2002 adaptado por MACHADO; VIDAL, 2006). Esse treinamento ocorreu em áreas próximas a UO: uma área com sistema agroflorestal com um ano de implantação e em uma área de pastagem degradada com *Brachiaria* sp. Esta estratégia foi utilizada por ser um instrumento de avaliação utilizado pela primeira vez pelos agricultores, e foi importante para que estes se apropriassem dos indicadores a serem empregados. Isso permitiu que eles tirassem dúvidas relativas ao método, e propusessem novos indicadores possíveis, de acordo com a realidade das famílias e percepção de cada agricultor.

O terceiro momento foi a avaliação da UO utilizando os indicadores de qualidade do solo e sanidade dos cultivos, nos talhões 1 e 2 com o plantio da *C. juncea*, e nos talhões 3 e 4 com a vegetação espontânea.

Os indicadores de manejo do solo (Anexo B) foram: a) Estrutura, b) Compactação, c) Estado do Resíduo, d) Cor, Odor e Matéria Orgânica, e) Retenção de Água, f) Cobertura do Solo, g) Presença de Invertebrados, h) Atividade Microbiológica, e i) desenvolvimento de raízes.

Por sua vez, para avaliar a sanidade dos cultivos (Anexo C) foram avaliados: a) Aparência Geral dos Cultivos, b) Abundância e diversidade de inimigos naturais, c) Competição e Supressão de Plantas Espontâneas, finalizando com o indicador d) Diversidade de Vegetação. Durante o ciclo I, os indicadores foram aplicados com base no efeito dos adubos verdes sobre as características do solo, além de sua capacidade de promover a supressão de plantas espontâneas e influenciar nas relações ecológicas com a paisagem, como atração de inimigos naturais de pragas e controle de nematoides no solo.

A metodologia se baseia na atribuição, juntamente com os agricultores, na pontuação de 1 a 10 para cada indicador elencado. Posteriormente, é gerado um gráfico do tipo “radar” com os valores aplicados pelas famílias, sendo a pontuação entre 5 e 10 quando o manejo escolhido apresenta características de sustentabilidade consolidadas, e os valores entre 0 e 5 apontam a necessidade de repensar o manejo, a partir dos indicadores pouco pontuados (ALTIERI & NICHOLLS, 2002; MACHADO & VIDAL, 2006).

## 3.4 Ciclo II

### 3.4.1 Dia de campo

O Dia de Campo<sup>3</sup> foi realizado pela Embrapa Agrobiologia em parceria com a ASCAXAR Quilombola, no dia 25 de abril de 2019, com objetivo de trabalhar a temática da adubação verde e praticar a técnica do preparado de raízes finas noduladas no plantio do feijoeiro comum. Intitulado: “Inoculação alternativa de feijão carioca cultivado em sucessão com *Crotalaria juncea*”, a atividade teve a participação das famílias quilombolas como público alvo, visando realizar uma formação sobre estratégias de uso da adubação verde e da inoculação alternativa com rizóbios nativos e naturalizados para a melhoria da produtividade do feijoeiro comum nas suas unidades produtivas. Nessa ocasião, a prática de inoculação alternativa com o preparado de raízes finas foi realizada na Unidade de Observação.

A atividade foi dividida em duas etapas. Na primeira delas, foram apresentadas as funções dos adubos verdes na agricultura, explicando também sobre os benefícios trazidos pelas bactérias fixadoras de nitrogênio e o uso de inoculantes alternativos. Após a apresentação (Figura 2), foi organizada uma roda de conversa com as famílias para a troca de saberes sobre os diversos usos e observações relativas aos adubos verdes e a atividade microbiana no solo.



**Figura 2** - Dia de campo envolvendo trocas de saberes sobre adubos verdes e microrganismos do solo ocorrido em 25/05/2019, na comunidade Cachoeira, município de Dom Joaquim, MG.

A segunda parte do Dia de Campo foi voltada para a elaboração do preparado de raízes finas. A prática (Figura 3) foi conduzida de acordo com a metodologia descrita por Rumjanek

---

<sup>3</sup> INOCULANTE alternativo para feijão-carioca é testado em cultivo quilombola de MG. EMBRAPA, 03 maio 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43076515/inoculante-alternativo-para-feijao-carioca-e-testado-em-cultivo-quilombola-de-mg>)

et al. (2017). Para tanto, foi realizada coleta de feijoeiros plantados 28 dias antes, em área cultivada com feijoeiro comum, para coleta dos nódulos adaptados às condições edafoclimáticas da região.



**Figura 3** - Processo de preparo do inoculante alternativo de raízes finas no Dia de campo ocorrido em 25/05/2019, na comunidade Cachoeira, município de Dom Joaquim, MG. Legenda: (1) Seleção de plantas de feijoeiro comum em condições de campo, com presença de nodulação e boa aparência e sanidade; (2) Raízes finas noduladas; (3) Destorroamento e limpeza das raízes finas; (4) Separação das raízes finas noduladas; (5) Homogeneização das raízes finas noduladas diluída em água filtrada e sem cloro; (6) Separação da suspensão obtida sólida/liquida coada em peneira; (7) Tratamento das sementes de feijão com o preparado de raízes finas (A) e controle com água (B); (8) Secagem das sementes em local protegido e à sombra, durante uma hora; (9) Plantio das sementes inoculadas com preparado de raízes finas (C) e plantio das sementes controle (D).

### 3.4.2 Plantio do feijoeiro comum na Unidade de Observação

As famílias se organizaram para o plantio do feijoeiro comum na UO, no dia 28 de abril de 2019. O plantio dessa cultura em sucessão à *C. juncea* e o uso do preparado de raízes finas foram construídos de forma didática, comparando essas novas técnicas de plantio com a forma de cultivo tradicional realizado pela comunidade. Nesta, existem diversas formas de cultivo do feijoeiro comum, sendo que algumas famílias plantavam após queima da palhada, aração e uso

de adubos químicos sintéticos - NPK 4-14-08, enquanto outras realizavam o plantio de forma agroecológica, sobre a palhada de milho e com uso de esterco bovino.

O plantio para coleta das plantas de feijoeiros doadoras dos nódulos para a inoculação das sementes foram realizados nas áreas de plantio agroecológico das famílias envolvidas que utilizavam esse manejo, com 28 dias de antecedência ao plantio na Unidade de Observação.

A semeadura nos talhões foi realizada com o uso de matraca, adotando-se espaçamento de 0,50 m entre linhas e a densidade de 15 sementes/m, o que equivale a uma população de 300 mil plantas por hectare. A variedade de feijão utilizado foi Carioca, cultivada pelas famílias quilombolas e armazenada no banco de sementes da comunidade. Os talhões 1 e 2 foram adubados para o plantio do feijoeiro comum com fosfato magnesiano e cinza vegetal, misturados na mesma proporção, com o equivalente a 500 kg ha<sup>-1</sup>. No talhão 3, a aplicação do adubo sintético NPK de formulação 04-14-08 foi de acordo com a recomendação da análise de solo. A área cultivada foi irrigada de acordo com a necessidade da cultura.

Dessa forma, o arranjo para o plantio do feijoeiro comum na UO foi dos quatro talhões iniciais do ciclo I divididos ao meio, para avaliar os efeitos dos tratamentos com o uso de preparados de raízes finas e sem o uso desse inoculante alternativo (Figura 4).

O plantio então foi realizado nos seguintes tratamentos: Talhão 1 com cultivo em sucessão à crotalária, cujos resíduos foram depositados na superfície do terreno; Talhão 2 com cultivo em sucessão à crotalária, cujos resíduos foram incorporados ao solo; Talhão 3 com cultivo em sucessão ao pousio utilizando fertilizante sintético NPK de formulação 04-14-08; e Talhão 4 utilizado como controle.



**Figura 4** - Arranjo espacial representando o ciclo II na UO, na comunidade Cachoeira, município de Dom Joaquim, MG.

### 3.4.3 Avaliação do ciclo II

Para a avaliação do ciclo II, foi realizada uma atividade aos 30 dias após o plantio do feijão, para que os agricultores pudessem observar o desenvolvimento da cultura e a presença de nodulação em seus respectivos tratamentos. Na ocasião, foram coletadas 10 plantas nas linhas centrais de cada talhão, para avaliação participativa da nodulação, contabilizando a quantidade de nódulos por planta, seu tamanho, distribuição na raiz e cor interna.

Para avaliação desse ciclo os agricultores optaram por avaliar apenas a sanidade do cultivo (anexo C), sendo que os indicadores utilizados pelas famílias foram: (a) aparência geral da cultura; (b) crescimento das plantas; (c) incidência de doenças; (d) incidência de insetos e pragas; (e) abundância e diversidade de inimigos naturais; (f) competição e supressão de plantas

espontâneas; (g) diversidade de vegetação; (h) vegetação natural circundante; (i) sistema de manejo; e (j) desenvolvimento de raízes finas com nodulação.

Após o caminho das atividades envolvendo os ciclos I e ciclo II, foi realizada uma entrevista semi-estruturada (anexo A) em reunião coletiva com as famílias envolvidas na pesquisa para levantarmos os aspectos do uso dos adubos verdes e do preparado de raízes finas na UO, assim como avaliar o uso da metodologia dos indicadores de sustentabilidade na construção do conhecimento.

Não foi possível avaliar a produtividade da cultura entre os tratamentos, devido à incidência de uma chuva de granizo que ocorreu na área da UO, causando a morte das plantas nos talhões avaliados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSÃO

### 4.1 Avaliação participativa na Unidade de Observação

#### 4.1.1 Ciclo I

A avaliação participativa através dos indicadores de sustentabilidade de qualidade do solo e sanidade dos cultivos foi realizada em 20 de fevereiro de 2019, aos 112 dias após o plantio da crotalária. Participaram nove agricultores associados à Ascaxar, além do pesquisador, autor da presente dissertação, e de um técnico da Cáritas Brasileira Regional Minas Gerais.

Para iniciar a atividade, foi realizada uma caminhada transversal na UO, onde foram abordadas questões gerais sobre os adubos verdes, consórcios, fertilidade do solo, matéria orgânica, dentre outros, a fim de explicar a atividade no contexto das práticas propostas (Figura 5).

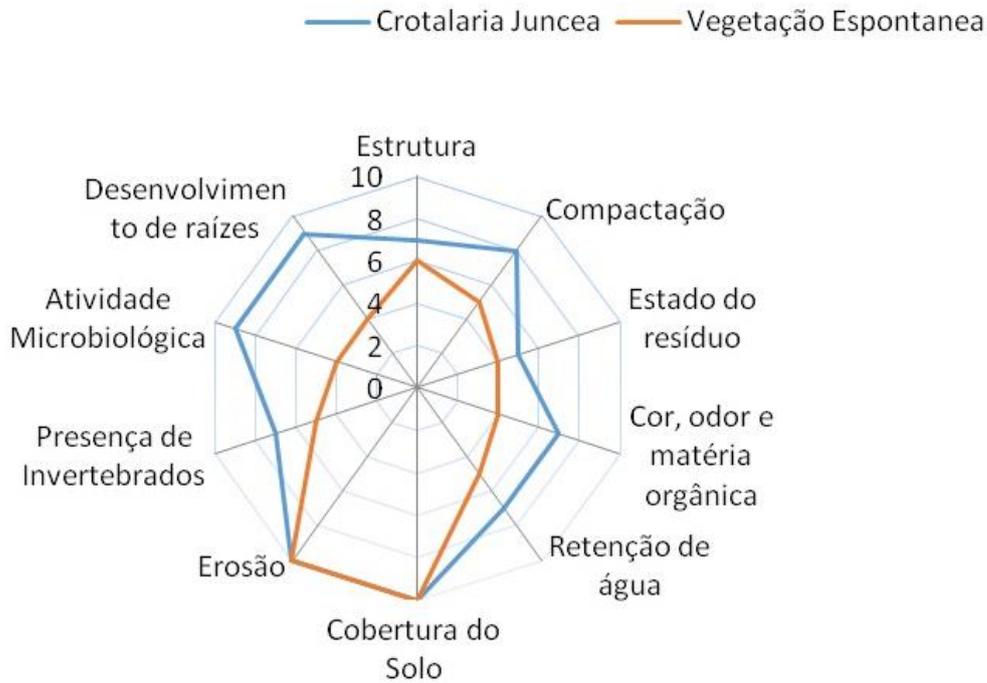


**Figura 5** - Atividade de avaliação participativa da qualidade do solo e sanidade do cultivo da Crotalária na UO, comunidade Cachoeira, município de Dom Joaquim, MG.

Na Figura 6, apresenta-se uma visão geral, sistematizada em gráfico do tipo radar, dos indicadores do solo a partir da análise qualitativa dos tratamentos associados à cobertura do solo, crotalária e vegetação espontânea, com a consolidação dos valores atribuídos para cada indicador durante a avaliação participativa.

Os dois tratamentos avaliados (*Crotalaria juncea* e plantas espontâneas) apresentaram uma boa cobertura de solo, sem sinais de erosão. As plantas espontâneas identificadas no talhão foram *Brachiaria decumbens* e *Sida glaziovii*. A dominância dessas espécies nos talhões foi devido ao histórico da área, caracterizada pela presença de pastagem degradada. Em tais ecossistemas, geralmente o solo não apresenta banco de sementes com diversidade de espécies, havendo o predomínio de espécies vegetais como as citadas. Outra avaliação associada a presença dessas espécies espontâneas foi a constatação visual de uma compactação moderada na superfície do solo, criando barreira física para sementes de outras espécies que estivessem em profundidade.

# Qualidade do solo



**Figura 6** - Representação dos indicadores de qualidade do solo na UO no ciclo I, comunidade Cachoeira, município de Dom Joaquim, MG.

As famílias destacaram que a presença da braquiária era dominante quando não havia sombreamento por outra planta, fazendo uma cobertura viva, “sendo melhor que a terra nua”.

Para os indicadores: estrutura, compactação, estado dos resíduos e desenvolvimento de raízes, a crotalaria possibilitou melhores condições que a vegetação espontânea, verificando-se o início de formação de agregados no solo. Por sua vez, o talhão com presença de plantas espontâneas apresentou um solo compactado e ressecado. Na avaliação do estado dos resíduos, foram debatidas as características dos tipos de cobertura de solo, destacando a rápida decomposição dos adubos verdes, ao contrário das gramíneas, que permanecem cobrindo o solo por um período maior. “Quando nós cobrimos os canteiros com a crotalaria no SAF, virou matéria orgânica em duas semanas, quando faço a cobertura com mombaça a cobertura dura mais de mês, além de manter mais úmida a terra.” Segundo Calegari (2014), o fato de a braquiária produzir uma biomassa que se decompõe mais lentamente sobre o solo devido a sua relação C/N alta, propiciando que o solo fique coberto e protegido por mais tempo e que também sofra menor amplitude térmica. A palhada em cobertura também é capaz de constituir reserva de nutrientes para culturas consorciadas ou subsequentes, dependendo da espécie utilizada, do manejo da fitomassa, do clima, da atividade de macro e microorganismos, da composição química da palha e do tempo de permanência dos resíduos sobre o solo (NUNES et al., 2006). A rapidez na disponibilização de nutrientes, principalmente N, proveniente dos restos vegetais de cultivos de cobertura, depende de vários fatores, dos quais os mais importantes são a quantidade de N acumulada na matéria seca e a relação C:N da palha. As leguminosas, como a crotalaria, comumente apresentam altos teores de N na matéria vegetal e produzem, em geral,

palhada de baixa relação C:N, cuja decomposição é relativamente rápida, com expressiva disponibilização de N para as lavouras subsequentes (ALVARENGA et al., 2001).

O desenvolvimento das raízes da *C. juncea* (Figura 7) apresentou a formação de nódulos, confirmando a ocorrência de FBN e de atividade microbiológica. A presença de nódulos permitiu que os agricultores constatassem a existência de microrganismos fixadores de nitrogênio na área da UO.



**Figura 7** - Avaliação do desenvolvimento das raízes e nodulação de *C. juncea*, na UO, na comunidade Cachoeira, município de Dom Joaquim, MG.

Com relação à cor, odor e matéria orgânica, segundo os agricultores a área com *C. juncea* apresentou melhor pontuação nesses indicadores, apresentando uma coloração mais escura do solo, indicando que o solo apresentava níveis de acúmulo inicial de matéria orgânica e retenção de água. Para Primavesi (2009b), a recuperação de solos compactados depende de práticas como a adubação verde que produzam muita biomassa e que tenham a capacidade de romper camadas compactadas, citando plantas como o feijão guandu e a *Crotalaria juncea*. Diferentemente, nos talhões com plantas espontâneas, o solo apresentou cor pálida e aparência ressecada. Esse resultado discutido pelos agricultores levantou a observação de “*que o capim braquiária guarda menos água no solo*”.

Foi observada a presença de invertebrados nos dois tratamentos. Entretanto, na área com crotalária houve pontuação mais alta, destacando maior ocorrência de formigas, cupins e presença de minhocas. As formigas são bioindicadores de qualidade do solo, contribuindo para restaurar a qualidade do solo, pois redistribuem partículas, nutrientes e matéria orgânica, aumentando a porosidade e a aeração do solo e a infiltração de água (PRIMAVESI, 2009a).

Para a atividade microbiológica, observou-se que na área do tratamento vegetação espontânea, utilizando-se a estratégia de aplicar água oxigenada em um torrão de solo, apresentou pouca efervescência, indicando que a atividade microbiológica era reduzida. Segundo observação dos agricultores, “*a matéria orgânica cria mais vida*”, sendo que a presença de matéria orgânica ajuda nas condições biológicas do solo, logo, na atividade microbiológica. Por sua vez, a área com *C. juncea*, apresentou maior efervescência, indicando uma maior atividade microbiológica, corroborada pela presença dos nódulos nas raízes e pela formação inicial de matéria orgânica.

Foram obtidas médias dos valores atribuídos pelos 11 avaliadores de 7,9 para a área com crotalária e 5,7 para os talhões com vegetação espontânea (Tabela 1). De forma geral, os agricultores reforçaram os benefícios trazidos pela adubação verde com crotalária, reafirmando sua consolidação como prática agrícola sustentável, capaz de reduzir ou eliminar a necessidade

do uso de fertilizantes sintéticos, notadamente devido ao processo de FBN e a manutenção da atividade microbiológica do solo, mas também pelo fato da adubação verde promover benefícios sobre as características químicas, físicas, contribuindo para manutenção da estrutura e fertilidade do solo, influenciando diretamente sobre a cobertura do solo e na dinâmica populacional de plantas espontâneas (ESPINDOLA et al., 2004).

**Tabela 1** - Média dos valores atribuídos aos indicadores de qualidade do solo na UO no Ciclo I.

	<b>Indicadores</b>	<b><i>Crotalaria juncea</i></b>	<b>Vegetação Espontânea</b>
<b>Qualidade do solo (Etapa 1)</b>	Estrutura	7	6
	Compactação	8	5
	Estado do resíduo	5	4
	Cor, odor e matéria orgânica	7	4
	Retenção de água	7	5
	Cobertura do Solo	10	10
	Erosão	10	10
	Presença de Invertebrados	7	5
	Atividade Microbiológica	9	4
	Desenvolvimento de raízes	9	4
	<b>Valor médio</b>	<b>7,90</b>	<b>5,70</b>

**Fonte:** Elaborado pelo autor com dados da pesquisa

#### 4.1.2 Indicadores de Sanidade dos Cultivos

Ainda com relação à avaliação participativa realizada no Ciclo I, foram elencados quatro indicadores para avaliar a sanidade da *Crotalaria juncea* (Figura 8) e da vegetação espontânea: (a) aparência geral dos cultivos; (b) abundância e diversidade de inimigos naturais; (c) competição e supressão de plantas espontâneas; e (d) diversidade de vegetação (Tabela 2).

Para aparência geral dos cultivos e crescimento das plantas, de acordo com os agricultores, a crotalária apresentou um crescimento rápido, destacando seu vigor de germinação e crescimento, “*em poucos dias ela tinha germinado e já estava cobrindo quase o solo todo*”. Tais características foram associadas à rusticidade da espécie, que é capaz de adaptar-se em solos com reduzida fertilidade e de fixar N atmosférico, de acordo com WUTKE et al. (2014)). O mesmo resultado foi observado para as plantas espontâneas braquiária e vassoura (*Sida glaziovii*), plantas adaptadas às condições de degradação e baixa fertilidade de solos com moderada compactação (BARRIO et al., 2011).

O indicador competição e supressão de plantas espontâneas evidenciou a rápida cobertura do solo pela crotalária, mostrando sua capacidade de competir e suprimir outras plantas espontâneas, reforçando sua característica de rusticidade (FAVERO et al., 2001) (Figura 8). A supressão de plantas espontâneas foi muito debatida pelos agricultores, já que o feijoeiro comum em cultivos solteiros demanda de duas a três capinas, implicando em utilização de mão de obra para essa prática cultural.

A diversidade de vegetação foi o indicador menos pontuado, sendo que os talhões apresentaram um reduzido número de espécies vegetais. Entretanto, enfatizou-se a importância da utilização de adubos verdes e a proposta de consórcio, que possibilitará experimentar arranjos diferentes no futuro, como por exemplo, o uso de coquetéis de adubos verdes para

recuperação de solos degradados, plantio consorciado de crotalária ou feijão de porco com milho, entre outras possibilidades.

Por fim, o indicador abundância e diversidade de inimigos naturais reforçou o destaque para o papel da adubação verde nas paisagens agrícolas, enquanto incremento de biodiversidade, sendo que no talhão com crotalária observou-se maior diversidade de abelhas, vespas e formigas: “*Vimos um movimento grande de várias qualidades de formiga, tinha muita abelha, até abelha mamangava foi lá*”.

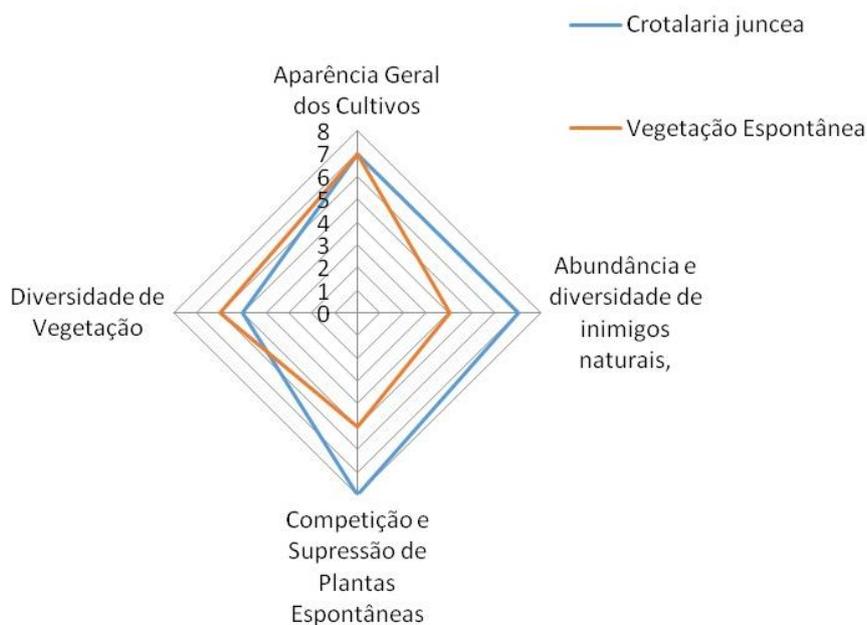
De modo geral, a manutenção da fertilidade do solo e da saúde dos cultivos, é dependente de uma série de medidas. Dentre essas medidas, pode-se destacar o aporte de biomassa e adoção de práticas que promovam a diversidade biológica, como fatores para o equilíbrio dos sistemas produtivos (ARAUJO; MONTEIRO, 2007).

**Tabela 2** - Média dos valores atribuídos aos indicadores da sanidade do cultivo na UO no ciclo I.

		<i>Crotalaria juncea</i>	Vegetação Espontânea
<b>Sanidade do Cultivo (Etapa 1)</b>	Aparência Geral dos Cultivos	7	7
	Abundância e diversidade de inimigos naturais,	7	4
	Competição e Supressão de Plantas Espontâneas	8	5
	Diversidade de Vegetação	5	6
	<b>Valor médio</b>	<b>6,75</b>	<b>5,50</b>

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa

### Sanidade dos Cultivos - Ciclo 1



**Figura 8** - Representação dos indicadores de sanidade do cultivos, UO - Ciclo I, na comunidade Cachoeira, município de Dom Joaquim, MG.

Nesse sentido, a partir dos valores atribuídos aos indicadores relativos à sanidade do cultivo no ciclo 1, os talhões com o plantio da crotalaria apresentaram a maior média, com destaque para os indicadores “Competição e supressão de plantas espontâneas” e “Abundância e diversidade de inimigos naturais”.

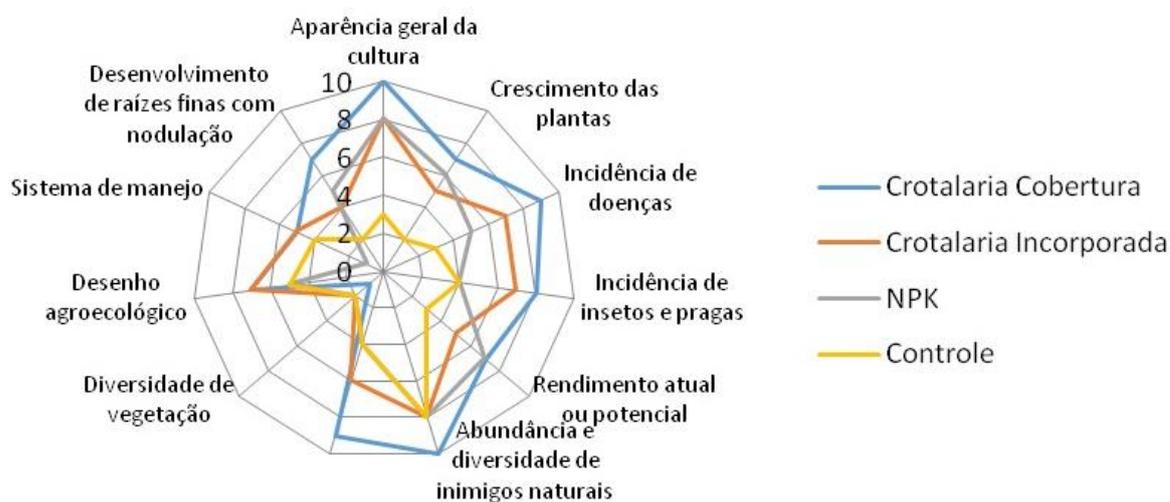
#### 4.1.3 Ciclo II

As figuras 9 e 10 representam a avaliação participativa da cultura do feijoeiro comum, de acordo com os tratamentos aos 30 DAP, para avaliar os efeitos do inoculante alternativo e do controle.

De forma geral, o tratamento que se destacou foi a *Crotalaria juncea* disposta em cobertura do solo, com o cultivo do feijoeiro comum em sucessão inoculado com o preparado de raízes finas para os indicadores aparência geral da cultura, crescimento das plantas, competição e supressão de plantas espontâneas e desenvolvimento de raízes finas com nodulação, obtendo a maior pontuação (tabela 3), seguido dos tratamentos *C. juncea* incorporada, adubação com NPK e o controle.

O tratamento em que o feijoeiro comum obteve maior valor para nodulação foi aquele em que a crotalaria foi deixada em cobertura do solo e foi utilizado o inoculante alternativo: “*a matéria orgânica ajudou na sobrevivência das bactérias*”. Para os agricultores, a cobertura morta propiciou um ambiente favorável para o desenvolvimento da atividade microbológica. Com a coleta dos nódulos, foi observado seu tamanho, distribuição nas raízes e cor interna. Os agricultores destacaram a “*cor de sangue*” presente no interior dos nódulos. Essas características são indicadores de eficiência da simbiose na fixação de N (NEVES; RUMJANEK, 1992) resultando no vigor do feijoeiro comum, que no caso em questão apresentou coloração verde escura das folhas e melhor desenvolvimento vegetativo.

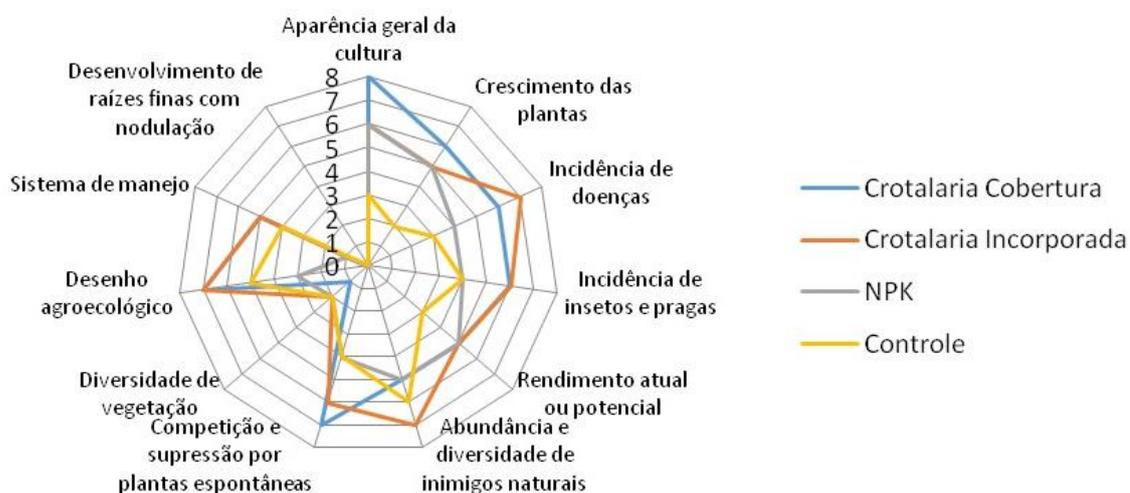
## Sanidade dos Cultivos - Tratamento



**Figura 9** - Representação dos indicadores de qualidade do cultivo do feijoeiro comum com uso do preparado de raízes finas noduladas - Ciclo II.

Os tratamentos crotalária incorporada ao solo, adubo sintético NPK e controle, que foram inoculados com o preparado de raízes apresentaram pouca nodulação (Figura 9), com tamanho de nódulos pequenos e distribuídos no sistema radicular, com coloração esverdeada, evidenciando baixa eficiência de fixação (Straliotto; Rumjanek 1999). Por sua vez, houve maior favorecimento da nodulação no tratamento crotalária em cobertura do solo, evidenciando os benefícios trazidos por essa estratégia de manejo para a biota do solo (CALEGARI, 2014).

## Sanidade dos Cultivos - Controle



**Figura 10** - Representação dos indicadores de sanidade do cultivo do feijoeiro comum sem o uso do inoculante alternativo na UO – Ciclo II, na comunidade Cachoeira, município de Dom Joaquim, MG.

Nos talhões em que não houve a inoculação das sementes de feijoeiro comum (Figura 10), não foram observadas nodulação. Segundo Straliozzo; Rumjanek (1999), a ausência ou uma nodulação insatisfatória mostra a inexistência ou a baixa eficiência do rizóbio no solo, assim como outros fatores ambientais que podem ter impactado na simbiose. Os agricultores relacionaram a ausência de cobertura do solo ao não estabelecimento do rizóbio, destacando o aquecimento do solo nos talhões com crotalaria incorporada, fertilização com adubo sintético NPK e controle.

Outros fatores abióticos afetam a simbiose e a FBN, como a acidez e a salinidade do solo que afeta os aspectos da nodulação e fixação biológica, desde a sobrevivência e multiplicação do rizóbio até o processo de infecção e desenvolvimento do nódulo (STRALIOZZO; RUMJANEK, 1999; HUNGRIA; VARGAS, 2000).

Uma das agricultoras envolvidas no trabalho afirmou que quando realiza o plantio do feijoeiro comum em sucessão à palhada do milho, ela presencia a nodulação nas raízes das plantas, enfatizando a importância da cobertura do solo e da matéria orgânica na otimização da simbiose rizóbio-leguminosa. Outra observação feita pelos agricultores foi que “*essa área aqui nunca foi plantada com feijão*”, indicando que não havia presença anterior de rizóbios indígenas na área para nodulação do feijoeiro comum.

Em relação ao indicador abundância e diversidade de inimigos naturais, verificou-se que o uso da cobertura morta potencializou a presença e diversidade de inimigos naturais, oferecendo abrigo e retenção de umidade.

Os resultados oriundos dos efeitos da FBN no feijoeiro comum a partir do uso de inoculantes incidiram, diretamente, sobre diversos indicadores de sustentabilidade de sanidade do cultivo, evidenciando que a FBN é capaz de acumular efeitos sobre os tratamentos do plantio

em sucessão com o uso dos adubos verdes, melhorando os índices de sustentabilidade da aparência geral da cultura e desenvolvimento das plantas, além de fortalecer a resposta de uma menor incidência de doenças e pragas. Aspecto esse que foi verificado como problema nos talhões com aplicação de adubo sintético NPK e controle, em que foi constada a presença de fusariose.

Os indicadores que obtiveram menor pontuação (Tabela 3) em todos os talhões foram diversidade de vegetação e sistema de manejo, sendo que os talhões com a presença da crotalaria, enquanto manejo agroecológico do solo, demonstraram maior potencial produtivo recebendo melhor pontuação.

**Tabela 3** - Média dos valores atribuídos aos indicadores de qualidade da sanidade dos cultivos na UO no ciclo II

	Crotalaria Cobertura	Crotalaria Incorporada	NPK	Controle	
<b>Sanidade do Cultivo Tratamento (Uso do inoculante)</b>	Aparência geral da cultura	10	8	8	3
	Crescimento das plantas	7	5	6	2
	Incidência de doenças	9	7	5	3
	Incidência de insetos e pragas	8	7	4	4
	Rendimento atual ou potencial	7	5	7	3
	Abundância e diversidade de inimigos naturais	10	8	8	8
	Competição e supressão por plantas espontâneas	9	6	4	4
	Diversidade de vegetação	1	2	2	2
	Desenho agroecológico	7	7	5	5
	Sistema de manejo	5	5	1	4
	Desenvolvimento de raízes finas com nodulação	7	4	5	2
	<b>Valor médio</b>	<b>7,27</b>	<b>5,82</b>	<b>5,00</b>	<b>3,64</b>
<b>Sanidade do Cultivo Controle (Ausência do inoculante)</b>	Aparência geral da cultura	8	6	6	3
	Crescimento das plantas	6	5	5	2
	Incidência de doenças	6	7	4	3
	Incidência de insetos e pragas	6	6	4	4
	Rendimento atual ou potencial	5	5	5	3
	Abundância e diversidade de inimigos naturais	5	7	5	6
	Competição e supressão por plantas espontâneas	7	6	4	4
	Diversidade de vegetação	1	2	2	2
	Desenho agroecológico	7	7	3	5
	Sistema de manejo	5	5	1	4
	Desenvolvimento de raízes finas com nodulação	0	0	0	0
	<b>Valor médio</b>	<b>5,09</b>	<b>5,09</b>	<b>3,54</b>	<b>3,27</b>

**Fonte:** Elaborado pelo autor com dados da pesquisa

## 4.2 Dia de Campo

O dia de campo, realizado em parceria com a Embrapa Agrobiologia sobre a técnica de produção de inoculantes alternativos a partir de um preparado de raízes finas noduladas, foi considerado como importante ferramenta de troca de conhecimento e aprendizagem. Os agricultores destacaram que *“além da teoria, nós botamos a mão na massa pra fazer, fazendo a gente não esquece mais”*. O dia de campo se constitui como metodologia de socialização do conhecimento agroecológico, contribuindo para a troca de saberes. Na ocasião, os agricultores participantes avaliaram positivamente o evento, e afirmaram que o mesmo agregou conhecimentos novos. Mesmo já tendo observado nódulos de rizóbio anteriormente, os agricultores desconheciam a relação simbiótica existente nessas estruturas da raiz do feijoeiro comum.

O dia de campo ajudou a sistematizar a experiência das práticas de adubação verde e consolidá-las, agregando conhecimentos sobre nodulação e eficiência da FBN. Os agricultores afirmaram que a prática de produção do inoculante alternativo a base de raízes finas noduladas é de fácil preparo, usa recursos locais e gera inovação tecnológica de fácil execução nos sistemas produtivos, sem custo para os agricultores.

Outro aprendizado destacado pela avaliação dos participantes ao final da atividade foi de que eles compreenderam a importância dos microrganismos no solo, associada às práticas de cobertura do solo, sendo que *“antes a gente manjava com fogo o solo, então matava todas as bactérias boas”*.

## 4.3 Avaliação da metodologia e construção do conhecimento agroecológico

O método de avaliação participativa utilizada contribuiu para agregar conhecimento sobre as práticas de manejo adotadas na UO, contribuindo para a melhor compreensão acerca da multifuncionalidade dos adubos verdes e da importância da sua utilização na transição agroecológica. Entretanto, há necessidade do uso contínuo dessa prática, uma vez que a adição de matéria orgânica ao solo é condição essencial para manter a fertilidade e a ciclagem de nutrientes (ESPINDOLA et al., 1997). Nessa perspectiva, o uso dos indicadores possibilitou orientar o processo de avaliação, discussão e percepção da sustentabilidade.

A discussão, o diagnóstico e a análise coletiva, estimularam propostas de modificação nos agroecossistemas locais que favorecessem sua sustentabilidade. A consolidação da Unidade de Observação enquanto um espaço didático e de experimentação de novas tecnologias também foi avaliada como um importante instrumento dentro da realidade do quilombo, uma vez que *“muitos agricultores só acreditam vendo”*.

O estudo favoreceu a troca de conhecimentos, impressões e percepções entre agricultores e técnicos, além de permitir aos agricultores conduzirem o processo de avaliação. Nesse sentido, enfatiza-se a importância de considerar que os agricultores, na prática, possuam a capacidade de avaliar indicadores, fazendo a interpretação dos mesmos e seu relacionamento com as diversas práticas desenvolvidas em seus sistemas produtivos, a partir da sua vivência e experiência pessoal (SEVILLA GUZMÁN, 2001). A metodologia participativa com uso de indicadores valoriza o conhecimento popular e as práticas tradicionais de produção, essenciais à construção do conhecimento dentro das premissas agroecológicas. O empoderamento dos agricultores sobre técnicas e metodologias utilizadas nesse trabalho potencializou a sistematização e gestão da produção da ASCAXAR, abrindo novas possibilidades de manejo, e construção de um caminho sólido para a transição agroecológica no quilombo Cachoeira.

## 5 CONCLUSÕES

As práticas da adubação verde com *Crotalaria juncea* e da inoculação das sementes do feijoeiro comum com preparado de raízes finas noduladas representaram inovações tecnológicas importantes para a agricultura familiar, em sistemas de produção tradicional, favorecendo os processos locais de transição agroecológica.

A cobertura do solo com resíduos de *Crotalaria juncea* favoreceu a nodulação de rizóbios em feijoeiro comum inoculado com preparado de raízes finas noduladas.

O uso da metodologia participativa na construção do conhecimento agroecológico, através de indicadores de sustentabilidade, se mostrou como ferramenta eficiente, favorecendo o estabelecimento de um ambiente de discussão, troca de experiências e análises qualitativas dos agroecossistemas, proporcionando empoderamento dos agricultores sobre as práticas agroecológicas avaliadas.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A organização das famílias quilombolas na ASCAXAR demonstrou ser um importante instrumento coletivo de empoderamento e participação, fomentando potencialidades produtivas, sociais, culturais, econômicas e ambientais dentro da cultura tradicional quilombola. Sem essa premissa, não seria possível realizar o trabalho coletivo em questão, baseado nos princípios agroecológicos, que contribuiu para a maior autonomia e melhores condições de vida das famílias quilombolas.

A construção de uma unidade de experimentação participativa permanente na área de produção coletiva das famílias é uma estratégia capaz de contribuir para o processo de construção dos saberes, do planejamento, do monitoramento e da avaliação contínua.

O uso da metodologia participativa adotada vai de encontro à construção do conhecimento agroecológico, valorizando o conhecimento empírico popular, de forma dinâmica e didática e estimulando a tomada de decisão e avaliação de práticas agrícolas que contribuam na melhoria dos sistemas produtivos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, F. A. **As vantagens da adubação verde**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2002. Disponível em: [www.e-campo.com.br](http://www.e-campo.com.br). Acesso em: 10 jan. 2020.

ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Adubação verde. In: HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A. de; RESENDE, F. V. (Eds.). **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 99-112.

ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rapido para la evaluacion de la sostenibilidad de cafetales. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia**, v. 64, p. 17-24, 2002.

ALTIERI, M.A. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 4.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004. 110p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo: Expressão; Rio de Janeiro: ASPTA, 2012. 400 p.

ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rapido para la evaluacion de la sostenibilidad de cafetales. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia**, v. 64, p. 17-24, 2002.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, p. 25-36, 2001.

AMABILE, R.F; CARVALHO, A.M. de; DUARTE, J.B; FANCELLI, A.L. et al. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. **Scientia Agricola**, v.53, n.2/3, p. 296 -303,1996.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Eds.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. p. 23-40.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Caracterização de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 411–418, 2009.

ARAUJO, R.S.; HENSON, RA. **Fixação biológica de nitrogênio** In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M., YAMADA, T. (eds). Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p. 213-227.

ARAÚJO, A. S. F; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23. n. 3, p. 66-75, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684/4403>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

BARRIOS E., COUTINHO H.L.C., MEDEIROS C. A. B. 2011. InPaC-S: Integração Participativa de Conhecimentos sobre Indicadores de Qualidade do Solo – Guia Metodológico. World Agroforestry Centre (ICRAF), Embrapa, CIAT. Nairobi. 178 p.

BRANDÃO, C. R. Pesquisar-Participar. In: BRANDÃO, Carlos R. (Org.). Repensando a Pesquisa Participante. São Paulo: Brasiliense, 1985, p. 7-14.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto. In: FANCELLI, A. **Milho: nutrição e adubação**. Piracicaba, ESALQ/USP/LPV, 204 p., 2008. p. 142-163.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Eds.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. v.1. Brasília: Embrapa, 2014. p. 19-36.

CALEGARI, A.; CARLOS, J. A. D. Recomendações de plantio e informações gerais sobre o uso de espécies para adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O. F; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. v. 2. Brasília: Embrapa, 2014. p. 451-478.

CALEGARI, A., MONDARDO, A., BULIZANI, E. A., COSTA, M. B. B., MIYASAKA, S., AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da (Coord). **Adubação verde no Sul do Brasil. 2. ed.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p,

CANUTO, J. C. Investigación en agroecología: instituciones, métodos y escenarios futuros. In: MORALES HERNÁNDEZ, J. (Coord.). **La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural**. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, 2011. p. 143-162.

CANUTO, J. C. Metodologia da pesquisa participativa em agroecologia. In: SEMINÁRIO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA DO MARANHÃO, 2005, São Luiz. **Anais**. São Luiz: UEMA, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, 2005.

CAPORAL, F. Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis. Brasília: mimeo, 2009.

CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p.143 170.

CARVALHO, M. N. de. **Avaliação participativa da qualidade do solo em lavouras orgânicas de café e uva, submetidas ao consórcio com adubos verdes**. 2018. 61p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

CARVALHO, E. S. de. **Avaliação participativa da qualidade do solo e sanidade dos cultivos para o manejo integrado da hérnia das crucíferas em ambiente de montanha**. 2016. 109f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária). Pró - reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds). **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 1998, p. 153-180.

COSTA, M. B. B.; CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

COSTABEBER, J. A., CLARO, S. A. Experimentação participativa e referenciais tecnológicos para uma agricultura familiar ecológica e sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 399-403, 2007.

COTRIM, D. S.; DAL SOGLIO, F. K. Construção do Conhecimento Agroecológico: Problematizando a noção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 11, n. 3, sep. 2016. ISSN 1980-9735. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/16772>>. Acesso em: 09 jan. 2020.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 14 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 174).

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. 20 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 42).

ESPINDOLA, J. A. A.; OLIVEIRA, S. J, C. R.; CARVALHO, G. J. A.; SOUZA, C. L. M.; PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. **Potencial alelopático e controle de plantas invasoras por leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 8 p. (Embrapa -CNPAB, Comunicado Técnico, 47).

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M; ASSIS, R. L (Eds.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa, 2005. p. 435-451.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. de; ABOUD, A. C. de S. **Adubação verde com leguminosas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 49 p. (Coleção Saber, 5).

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1355-1362, 2001.

FEIDEN, A., BORSATO, A. V., BRASIL, V. G. C., MOL, D. J. D. S. Indicadores de Qualidade de Vida das Famílias: uma Metodologia para Avaliar a Sustentabilidade Sócio Econômica das Famílias Camponesas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 1, 2014.

FERREIRA, P. A. A., SILVA, M. A. P., CASSETARI, A., RUFFINI, M., MOREIRA, F. M. D. S., & ANDRADE, M. J. B. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. *Ciência Rural*, Santa Maria, vol.39 n. 7, p. 2210-2212, 2009.

FERREIRA, A.N.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C.; ARAUJO, R.S.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.507-512, 2000.

FERREIRA, E. P. B.; SANTOS, H. P.; COSTA, J. R. et al. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage managements. *Revista Ciência Agronômica*, 41:177-183, 2010.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Relatório de Monitoramento das Águas Superficiais na Bacia do Rio Doce em 2008: Projeto: Sistema de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais - Águas de Minas. Belo Horizonte, 2009. 330 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 653 p.

GOMES, J. C. C. As técnicas participativas na pesquisa agrícola: fundamentos teóricos e algumas dificuldades práticas. In: BROSE, M.(org.) *Metodologia participativa: uma introdução a 29 instrumentos*. 2. ed. Porto Alegre: Tomo Editorial, 2010. p. 307-314.

GOMES, J. C. C.; MEDEIROS, C. A. B. Bases epistemológicas para a ação e a pesquisa em agroecologia: da ciência eficiente à ciência relevante. In: SOUSA, I. S. F.; CABRAL, J. R. F. **Ciência como instrumento de inclusão social**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 249-275.

GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. **Avaliação inicial de algumas leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura viva permanente no solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. 7 p. (Embrapa - CNPAB, Comunicado Técnico, 16).

GUHUR, D. M. P.; TONÁ, N. Agroecologia. In: CALDART, R. S.; PEREIRA, I. B.; ALENTEJANO, P.; FRIGOTTO, G. (Orgs.). **Dicionário da Educação do Campo**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio; São Paulo: Expressão Popular, 2012. p. 57-67.

GUZMÁN CASADO, G.; GONZÁLEZ de MOLINA, M.; SEVILLA GUZMÁN, E. **Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible**. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 535 p.

INIAP – Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. *Metodos de Campo*. In: Curso Eco-Suelos: los secretos de la vida del suelo y su manejo para una agricultura más sostenible/ Encuentro entre agricultores experimentadores y taller de manejo ecológico de suelos 26-28 de junio 2002. 2002. 43 p. (INIAP/Estación Experimental Sta. Catalina).

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; CHUEIRE, L. M. O.; PROBANZA, A.; GUTTIERREZ-MAÑERO, F. J.; MEGÍAS, M. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 11, p. 1515-1528, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils**, v. 39, p. 88-93, 2003.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. 1ª edição, Londrina, Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, p.80, 2007.

HUNGRIA, M.; FRANCO, A. A. Effects of high temperature on nodulation and nitrogen fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, v. 149, n. 1, p. 95-102, 1994.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com o feijoeiro**: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 30 p. (Embrapa Soja. Documentos, 338).

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v.65, p.151-164, 2000.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p.

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 479p

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 533 p.

LIU, J.; HUE, N. V. Ameliorating subsoil acidity by surface application of calcium fulvates derived from common organic materials. **Biology and Fertility of Soils**, v. 21, n. 4, p. 264-270, 1996. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/h56258277ht57t66/fulltext.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2020.

MACHADO, A. T; NASS, L. L; MACHADO, C. T. **Manejo sustentável da agrobiodiversidade nos Biomas Cerrado e Caatinga**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011. 171 p.

MACHADO, C. T. T.; VIDAL, M. C. **Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 173).

MARTÍNEZ-ROMERO, E. Diversity of *Rhizobium-Phaseolus vulgaris* symbiosis: overview and perspectives. **Plant and Soil**, v. 252, p. 11-23, 2003.

MATHEUS, Andréia Cristina. **Importância da adubação verde na diversificação da produção agrícola: uma abordagem participativa em assentamento de rural na Baixada Fluminense**. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. de. C.; JÚNIOR, F. B. dos. R.; ANDRADE, D.V. Fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes. In: LIMA FILHO, O.F.D.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Orgs) Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 8.p. 309-334.

MORAES, S.R.G.; CAMPOS, V.P.; POZZA, E.A., FONTANETTI, A.; CARVALHO, G.J.; MAXIMINIANO, C. Influência de leguminosas no controle de fitonematoides no cultivo orgânico de alface americana e de repolho. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, n.2, p.188-191, 2006.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. 2002. Microbiologia e bioquímica do solo. UFLA/FAEPE, Lavras. 626p.

MYTTON, L. R. Developing a breeding strategy to exploit quantitative variation in symbiotic nitrogen fixation. **Plant and Soil**, v. 82, p. 329-335, 1984.

NEVES, M. C. P.; RUMJANECK, N. G. Bioquímica e fisiologia da fixação de nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 141-155.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; DEZANET, A.; LANA, L.; FEISTAUER, D.; OURIQUES, M. A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health and vineyard systems. **Biodynamics**, n. 250, p. 33-40, 2004.

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C., SILVA, E. de B., SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; JÚNIOR, E.V.H; MENEZES, R.Y.Q. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos microbiológicos de solo sob caatinga no semiárido nordestino. Revista Caatinga, v.22, n.1, jan/mar, 2009.

OLIVEIRA, W.S. Interação **Rhizobium/Feijoeiro sob as condições de agricultura de subsistência na região de Cunha-SP**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998. 68p. (Dissertação de Mestrado).

OTSUBO, A.A.; BRITO, O.R.; MERCANTE, F.M. Productivity and nodulation of promising lineages of the Carioca bean group inoculated with *Rhizobium tropici* or supplemented with nitrogen fertilizer. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 2763-2776, 2013.

PAULINO, G. M.; ALVES, B. J. R.; BARROSO, D. G.; URGUIAGA, J.; ESPINDOLA, J. A. A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p.1598-1607, 2009.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N.; OTSUBO, A.A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e a inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 219-226, 2009.

PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F.; LADHA, J.K. Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? **Plant and Soil**, v. 174, p. 3-28, 1995.

PEREIRA, J.; BURLE, M.L.; RESCK, D.V.S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia, 1992. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.140-154.

PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; MOREIRA, V. F.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S.; POLIDORO, J. C.; ESPINDOLA, J. A. A. Desempenho agrônômico de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 4 p. (Comunicado Técnico, 82).

PETERSEN, P., SOGLIO, F.K.D., CAPORAL, F.R. (2009) Construção de uma ciência a serviço do campesinato. In: Petersen, P. (org.) Agricultura familiar camponesa na construção do futuro. Rio de Janeiro: AS-PTA, p.85-103.

PRIMAVESI, A. **O solo tropical - Casos - Perguntando sobre solo**. Fundação Mokiti Okada e Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST. 1ª edição. 2009a. 115 p.

PRIMAVESI, A. **Cartilha do solo**: como reconhecer e sanar seus problemas. Fundação Mokiti Okada e Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST. 1ª edição. 2009b. 71 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. 343p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG, CFSEMG/UFV, 1999. 359p.

OK RICCI, M.D.S.; ALVES, B.J.R.; MIRANDA, S.C.; OLIVEIRA, F.F. de. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, v.62, p.138-144, 2005.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; FERNANDES, F.A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema de plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 74-82, 2007.

RUMJANEK, N. G., BASTOS, J. L., OLIVEIRA, D. G. C., FERREIRA, R. T., CAVALHEIRO, L. B. S., AGUIAR, L. A., DIAS, A., RIBEIRO, R. L. D. **Prática alternativa para inoculação de sementes de feijão caupi a partir de um preparado de raízes finas noduladas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2017. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 145).

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. Fixação biológica do nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.) Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa, 2005. p. 281-335.

SALTON, J. C.; PITOL, C.; ERBES, E. **Cultivo de primavera: alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul**. Maracaju: Fundação MS, 1993. 6p. (Informativo Técnico, 1/93)

SANTOS, C. A. B. **Consórcios de espécies de cobertura de solo para adubação verde, antecedendo ao cultivo milho e repolho sob manejo orgânico**. 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SILVA, A.A. da; SILVA, P.R.F. da; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v.37, p.928-935, 2007.

SEVILLA GUZMÁN, E.S. Uma estratégia de sustentabilidade a partir da Agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 35-45, 2001.

SEVILLA GUZMÁN, E. De la Sociología Rural a la Agroecología. Barcelona: Icaria, 255p, 2006.

STRALIOTTO, R.; RUMJANEK, N.G. **Biodiversidade do rizóbio que nodula o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e os principais fatores que afetam a simbiose**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 51 p. (Embrapa - CNPAB. Documentos, 94).

SOARES, A. L. L.; FERREIRA, P. A. A.; PEREIRA, P. A. R.; VALE, H. M. M.; LIMA, A. S.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II - Feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 803-811, 2006.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2005. 132p.

VIDAL, M.C.; MACHADO, C. T. T. M. Indicadores de Sostenibilidad como Herramienta para Introducir Prácticas Agroecológicas en La Microcuenca Barracão dos Mendes en Nova Friburgo/RJ, Brasil. IV Congresso Latino Americano de Agroecología. **Anais**. p.2013, 2013. Universidad Nacional Agraria la Molina - Lima- Peru.

VIDOR, C.; KOLLING, J.; FREIRE, J. R. J.; SCHOLLES, D.; BROSE, E.; PEDROSO, M. H. T. **Fixação biológica de nitrogênio pela simbiose entre *Rhizobium* e leguminosas**. Porto Alegre: IPAGRO, 1983. 51p. (IPAGRO. Boletim técnico, 11).

WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. J.; RAZERA, L. F.; MEDINA, P. F.; CARVALHO, L. H.; KIKUTI, H. **Bancos comunitários de sementes: cartilha para agricultores**. Campinas, SP: MAPA/FUNDAG, 2007. 20 p.

WUTKE, E. B.; TRANI, P. E.; AMBROSANO, E. J.; DRUGOWICH, M. I. **Adubação verde no Estado de São Paulo**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, 2009. 89 p. (Boletim Técnico, 249).

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.;

ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Eds.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p.59-168.

YORINORI, J. T. **Cancro da haste da soja: Epidemiologia e controle**. Londrina: Embrapa Soja, 1996.75 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 14).

ZAHRAN, H.H., 1999. Rhizobium–legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63: 968– 989.

## ANEXOS

### Anexo A – Roteiro para entrevista semi-estruturada



Participante:

Local:

Data:

1. Quais as vantagens e desvantagens do uso de adubos verdes no manejo do solo na Unidade demonstrativa?
2. Quais as vantagens e desvantagens do uso de preparado de raízes finas na produção do feijão?
3. O uso de adubos verdes e o preparado de raízes finas gerou inovação ao seu sistema de produção?
4. Você tem interesse em continuar utilizando as técnicas aplicadas na UD?
5. Qual a viabilidade de uso das tecnologias na produção do feijão?
6. Quais os avanços na transição agroecológica são possíveis a partir do uso das técnicas utilizadas?
7. Os indicadores de sustentabilidade agregaram conhecimento possibilitando tomada de decisões dentro do agroecossistema?
8. Quais as observações pessoais que vocês gostariam de contribuir no experimento realizado?

**Anexo B** – Formulário para avaliação participativa dos indicadores de sustentabilidade para qualidade de solo.

Valor Referência	Características de cada indicador	Nota 1- 10
<b>1. PROFUNDIDADE</b>		
1	Subsolo quase exposto ou exposto – Camada escura <5cm	
5	Fina superfície de solo – Camada Escura de 5 a 10 cm	
10	Solo superficial – Camada Escura > 10 cm	
<b>2. ESTRUTURA</b>		
1	Solto, empoeirado sem visíveis agregados	
5	Poucos agregados que quebram com pouca pressão	
10	Agregados bem formados difíceis de serem quebrados	
<b>3. COMPACTAÇÃO</b>		
1	Solo compactado, arame encurva-se facilmente	
5	Fina camada compactada, alguma restrição à penetração arame	
10	Sem compactação, arame é todo penetrado no solo	
<b>4. ESTADO DE RESÍDUOS</b>		
1	Resíduos orgânicos com lenta decomposição	
5	Presença de resíduos em decomposição de pelo menos um ano	
10	Resíduos em vários estágios de decomposição, muitos resíduos bem decompostos	
<b>5. COR, ODOR E MATÉRIA ORGÂNICA</b>		
1	Pálido, odor fétido ou de pântano e ausência de húmus	
5	Marrom claro, sem odor e com alguma presença de húmus	
10	Marrom escuro, odor agradável de matéria fresca e abundante	
<b>6. RETENÇÃO DE ÁGUA</b>		
1	Solo seco, não retém água	
5	Grau limitado de umidade por um curto período de tempo	
10	Considerável grau de umidade por um curto período de tempo	
<b>7. COBERTURA DO SOLO</b>		
1	Solo exposto	
5	Menos de 50% do solo coberto por resíduos ou cobertura viva	
10	Mais de 50% do solo coberto por resíduos ou cobertura viva	
<b>8. EROSIÃO</b>		
1	Erosão severa, presença de pequenos valos	
5	Evidentes, mas poucos sinais de erosão	
10	Ausência de sinais de erosão	
<b>9. PRESENÇA DE INVERTEBRADOS</b>		
1	Ausência de atividade de invertebrados	
5	Poucas minhocas e artrópodes presentes	
10	Presença abundante de organismos invertebrados	
<b>10. ATIVIDADE MICROBIOLÓGICA</b>		
1	Muita pouca efervescência após aplicação de água oxigenada	
5	Efervescência leve a média	
10	Efervescência abundante	
<b>11. DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES</b>		
1	Raízes pouco desenvolvidas, enfermas, curtas	
5	Raízes de crescimento limitado, observam-se algumas raízes finas	
10	Raízes com bom crescimento, saudáveis e profundas, com presença	

**Fonte:** Adaptado de ALTIERI; NICHOLLS (2002) e MACHADO; VIDAL (2006)

**Anexo C – Formulário para avaliação participativa dos indicadores de sustentabilidade para sanidade dos cultivos.**

<b>Valor Referência</b>	<b>Características de cada indicador</b>	<b>Nota 1- 10</b>
<b>1. APARÊNCIA GERAL DA CULTURA</b>		
1	Clorótica, folhagem descolorida com sinais de deficiência	
5	Folhagem verde-clara com alguma perda de pigmentação	
10	Folhagem verde-escura, sem sinais de deficiência	
<b>2. CRESCIMENTO DAS PLANTAS</b>		
1	Padrão desigual, ramos finos e curtos, crescimento limitado	
5	Ramos mais grosso, sinais de novas brotações	
10	Folhagem e ramos em abundância. Crescimento vigoroso	
<b>3. INCIDÊNCIA DE DOENÇAS</b>		
1	Suscetível, mais de 50% das plantas com folhas danificados	
5	Entre 20% a 45% das plantas com algum dano	
10	Resistentes, menos de 20% das plantas com danos leves	
<b>4. INCIDÊNCIA DE INSETOS E PRAGAS</b>		
1	Mais de 85% das folhas danificadas	
5	Entre 30% e 40% das folhas danificadas	
10	menos de 30% das folhas danificadas	
<b>5. RENDIMENTO ATUAL OU POTENCIAL</b>		
1	Baixo em relação à média local	
5	Médio, aceitável	
10	Bom ou alto	
<b>6. ABUNDANCIA E DIVERSIDADE DE INIMIGOS NATURAIS</b>		
1	Ausência de vespas predadoras/parasitas em amostra aleatória	
5	Presença de pelo menos um inseto benéfico	
10	Mais de 2 indivíduos de uma ou 2 espécies de insetos benéficos	
<b>7. COMPETIÇÃO E SUPRESSÃO POR PLANTAS ESPONTÂNEAS</b>		
1	Plantas estressadas, suprimidas por plantas espontâneas	
5	Presença média de plantas espontâneas com competição	
10	Plantas vigorosas suprimindo plantas espontâneas	
<b>8. DIVERSIDADE DE VEGETAÇÃO</b>		
1	Monocultura	
5	Presença de algumas plantas espontâneas	
10	Formação densa de plantas de cobertura e vegetação espontânea	
<b>9. DESENHO AGROECOLÓGICO</b>		
1	Sem barreiras de vento, 1 cultura plantada, sem rotação	
5	Barreiras dispersas, mais de uma cultura plantada, sem rotação	
10	Com barreiras de vento, mais de uma cultura plantada, rotação	
<b>10. SISTEMA DE MANEJO</b>		
1	Convencional, monocultivo, uso de agroquímicos	
5	Em transição para agroecológico com substituição de insumos	
10	Orgânico diversificado ou agroecológico, com uso de insumos	
<b>11. DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES FINAS COM NODULAÇÃO</b>		
1	Raízes pouco desenvolvidas sem presença de nodulação	
5	Raízes de crescimento limitado, presença de nódulos pequenos e espaçados	
10	Raízes com bom crescimento, com presença de nódulos grandes na raiz principal	

**Fonte:** Adaptado de ALTIERI; NICHOLLS (2002) e MACHADO; VIDAL (2006)