

# UTILIZAÇÃO DE INDICADORES PARTICIPATIVOS DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

## USE OF PARTICIPATING SOIL QUALITY INDICATORS IN FAMILY FARM PRODUCTION SYSTEMS

Pedro Victor Castro Silva\*  
Maria Ivanilda de Aguiar\*\*

### RESUMO

Avaliar os sistemas agrícolas permite inferir sobre a sustentabilidade dos manejos praticados. Neste sentido, objetivou-se avaliar a qualidade do solo em diferentes sistemas de produção utilizando indicadores visuais. Foram avaliados oito consórcios tradicionais em diferentes períodos de adoção, localizados em três municípios cearenses. Utilizou-se metodologia participativa, escolhendo-se 12 indicadores de qualidade do solo, aos quais foram atribuídas notas de 1 a 10, de acordo com critérios pré-estabelecidos. Os dados foram avaliados por meio de análises descritivas e multivariada (Análise de componentes principais - ACP). Todos os consórcios avaliados apresentaram níveis satisfatórios de qualidade do solo com médias acima de cinco. Dois consórcios, um localizado em Choró (Consórcio 02 Choró - C2C) e outro em Acarape (Consórcio 01 Assentamento - C1A) se destacaram dos demais, apresentando as maiores médias (8,9). A inserção de práticas edáficas, a exemplo da aplicação de bagana de carnaúba como cobertura do solo favoreceu a qualidade do solo, contribuindo para sua conservação.

**Palavras-chave:** Bagana de carnaúba. Metodologia participativa. Cobertura do solo.

### ABSTRACT

Evaluating agricultural systems will allow inferring about the sustainability of the management practices. In this sense, the objective was to evaluate soil quality in different production systems using visual indicators. Eight traditional consortia were evaluated in different adoption periods, located in three municipalities of Ceará. Participatory methodology was used, selecting 12 soil quality indicators, which were rated from 1 to 10, according to pre-established criteria. Data were evaluated by descriptive and multivariate analysis (Principal Component Analysis - PCA). All evaluated consortia presented satisfactory soil quality levels with averages above 5. Two consortia, one located in Choró (02 Choró Consortium - C2C) and one in Acarape (01 Assentamento Consortium - C1A), stood out from the others, presenting the highest averages (8.9). The inclusion of edaphic practices, such as the application of carnauba bagana as soil cover, favored soil quality, contributing to its conservation.

**Keywords:** Carnauba bagana. Participatory methodology. Ground cover.

\*Graduando em Agronomia, Instituto Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, Ceará. E-mail: pvictorcastro1996@gmail.com

\*\*Professora Doutora, Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, Ceará. E-mail: ivanilda@unilab.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

No semiárido nordestino, a prática da derrubada e queima é frequentemente utilizada na agricultura, causando degradação do solo e conseqüentemente reduzindo a fauna e flora da região (MAIA, et al., 2006). Nesse sentido, conservar a qualidade estrutural do solo é fundamental, pois dependendo do estágio de degradação do solo, essa pode tornar-se irreversível (ARRUDA et al., 2012).

Devido a isso, torna-se cada vez mais necessário avaliar os sistemas de produção, pois identificar os manejos mais adequados é uma saída viável para manutenção da produtividade das culturas e da qualidade do solo (MACHADO; VIDAL, 2006). Com isso buscar sistemas mais equilibrados que priorizam práticas de manejo sustentável, contribuirá para a melhoria da qualidade do solo.

Neste sentido, os consórcios agroecológicos representam importantes alternativas, pois além de sustentarem a produção (SILVA et al., 2013), favorecem a estrutura do solo (ARAÚJO et al., 2013), a diversidade da fauna do solo e da flora, mesmo quando comparados às áreas de vegetação nativa (ALMEIDA et al., 2009).

No entanto, surge a necessidade da definição de métodos para avaliação da qualidade ou saúde desses sistemas. Segundo Altieri; Nicholls, (2002) os indicadores de sustentabilidade são considerados ferramentas imprescindíveis para avaliar um agroecossistema, permitindo que os agricultores possam mensurar e tomar decisões sobre os seus cultivos, utilizando tecnologias de forma adequada. Outros autores, como Alcázar et al. (2019), também ressaltam a importância de avaliar os modelos de produção alternativos, de forma participativa, pois isso contribui para atingir as metas de sustentabilidade, além de favorecer a redução do êxodo rural. Neste sentido, Araújo et al. (2013) enfatiza a importância da utilização de indicadores reconhecidos e possíveis de serem mensurados por agricultores, por ser uma abordagem inovadora que busca integrar conhecimento científico e local.

Dessa forma, para determinar a qualidade do solo aplicando metodologia participativa, é necessária a utilização de métodos simples e de fácil execução, sendo o mais objetivo possível para os agricultores, destacando os possíveis problemas na área avaliada e buscando alternativas para melhorar e potencializar o uso eficiente da terra (AMADO et al., 2007).

Assim, vários trabalhos utilizando indicadores de sustentabilidade avaliaram diversos sistemas agrícolas, dentre eles: comparação de sistemas de produção tradicionais com inserção de tecnologias agroecológicas, como exposto por Souza et al. (2016), em que a aplicação de adubos orgânicos e plantio de leguminosas promoveu melhorias nos indicadores de qualidade do solo, sendo uma alternativa para agricultores familiares que buscam por um uma produção mais sustentável. Também, em trabalho realizado por Pezarico et al. (2013), utilizando indicadores de qualidade do solo, demonstrou que a produção de cultivos agrícolas em Sistemas Agroflorestais mostrou-se uma alternativa para os agricultores com diversificação de produção ao longo do ano, além de minimizar os impactos no recurso solo, devido ser um sistema mais semelhante a vegetação natural, em termos de diversidade de espécies, contribuindo para melhoria da qualidade do solo.

Estudos realizados em consórcios agroecológicos no semiárido cearense, tem revelado melhorias na qualidade do solo, devido maior diversidade (ALMEIDA et al., 2009) e maiores estoques de carbono no solo (MAIA et al., 2019), favorecendo, assim, a conservação do solo e conseqüentemente a sustentabilidade da produção agrícola e melhoria de qualidade de vida das populações.

No entanto, é necessário que os manejos agroecológicos sejam avaliados constantemente, tanto para que os mesmos possam receber as devidas certificações, como para estimar suas resiliência/resistência frente ao manejo adotado.

Assim, objetivou-se avaliar diferentes sistemas de produção utilizando indicadores visuais de qualidade do solo, por meio de metodologia participativa com agricultores familiares.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de fevereiro a setembro de 2019, em três locais de estudo, que compreendem a comunidade de Riacho do Meio, situada na cidade de Choró-CE, o Assentamento 24 de Abril, localizado no município de Acarape-CE e o distrito de Umari, pertencente ao município de Pacajus-CE. No município de Choró, a região é de clima tropical quente semiárido, de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação 992,2 mm e temperatura médias anuais variando 26 a 28°C (IPECE, 2017). Em Acarape, segundo a classificação de Köppen, a região é de clima tropical quente subúmido, com temperaturas variando de 26 a 28°C e precipitação média anual de 1.061,9 mm (IPECE, 2017). Já em Pacajus, a região é de clima tropical quente semiárido, com temperaturas variando de 26 a 28°C e precipitação média anual de 791,4 mm (IPECE, 2017).

Na Comunidade Riacho do Meio, foram avaliados quatro consórcios, pertencentes a três agricultores, designados de C1C, C2C, C3C e C4C; No Assentamento 24 de abril foram avaliados dois consórcios, C1A e C2A, pertencente a um agricultor. E em Umari, foram avaliadas duas áreas (C1U e C2U), que compõem o quintal produtivo de um agricultor. A descrição completa e histórico das áreas podem ser observadas na Tabela 1.

A metodologia aplicada foi baseada em Altieri; Nicholls, (2002) e Nicholls et al. (2004) e adaptada por Machado; Vidal, (2006). A avaliação consiste na utilização de indicadores sensíveis e fáceis de estimar no campo, aos quais são atribuídas notas de 1 a 10 relacionados a qualidade do solo. De acordo com esta metodologia, em cada local avaliado, foi apresentado a(os) agriculto(res) uma lista dos possíveis indicadores para os atributos do solo para que fossem escolhidos de forma participativa, quais os que seriam determinados. Procedeu-se a seguir, à explicação detalhada dos indicadores e características, de acordo com as quais seriam atribuídas as notas.

Assim, foram escolhidos 12 indicadores de qualidade do solo, sendo os mesmos utilizados nos oito consórcios avaliados. Os indicadores escolhidos estão relacionados aos aspectos químicos, físicos e biológicos do solo, sendo este: profundidade do solo (PRO); estrutura (EST); compactação (COM); resíduos (RES); cor, odor e matéria orgânica (MOG); retenção de água (RET); cobertura do solo (COB); erosão (ERO); presença de invertebrados (INV); atividade microbiológica (ATM); infiltração (INF); e crescimento das raízes (CRE).

No campo, abriu-se uma pequena trincheira e foram observados cada um dos indicadores. Sendo neste momento reforçado o significado dos mesmos e os critérios considerados para atribuição das notas. Neste momento, cada participante atribui sua nota individual e após uma breve discussão chegava-se a uma nota comum. Considerou-se que, para cada indicador, os valores próximos a 1, estão relacionados a uma condição inadequada/menos desejável, os valores próximos de 5 representam um estado moderado ou intermediário e 10 representa um valor ótimo/desejável. As médias abaixo de 5 são considerados abaixo do limite mínimo de sustentabilidade. As avaliações foram realizadas com a participação dos agricultores de cada área, percorrendo e avaliando cada sistema, sendo que em Choró, participaram um total de três agricultores e uma técnica; e em cada um dos municípios de Pacajus e de Acarape, participou um agricultor, responsável por seu respectivo consórcio.

Após etapa de campo, procedeu-se a construção do gráfico de setores, permitindo a visualização geral da situação das áreas, momento no qual, promoveu-se uma discussão sobre quais indicadores estavam em situação desejável e quais estavam em situação ruim, bem

como, quais motivos levavam as determinadas situações e como poderiam melhorar, por meio das práticas de manejo.

Posteriormente os dados foram analisados de forma descritiva e utilizando técnicas de estatística multivariada, aplicando-se a análise de componentes principais (ACP). Para tal, utilizou-se os programas Excel e STATISTICA.

Tabela 1 - Localização, características e histórico dos consórcios avaliados nos municípios de Acarape-CE, Choró-CE e Pacajus-CE.

Consórcio/Agricultor	Coordenadas Geográficas	Área cultivada (ha), culturas, arranjo e espaçamento	Histórico da área de cultivo (AC)
C1C Francisco Antônio Maciel – (Palito)	S 04° 43'20.2'' W 39°10'46.4''	0,193 ha, plantados com milho (2 fileiras), fava (1 fileira), feijão (1 fileira) e gergelim (1 fileira), com espaçamento para o milho e fava 1m x 0,5m, feijão 1m x 1m e gergelim 1m x 0,5m	Área foi desmatada, feito enleiramento, passado cultivador no ano de 2004 quando adotou a proposta do plantio agroecológico, plantou na mesma área durante 3 anos. Área em pousio de 2007 a 2018, sendo cultivada novamente em 2019. Em 2019, foi utilizado cultivador/tração animal para o preparo e revolvimento do solo. Não se utilizou nenhum tipo de adubo no solo.
C2C Francisco Antônio Maciel – (Palito)	S 04° 43'56.2'' W 39°10'46.5''	0,659 ha, plantados com algodão (3 fileiras), milho (2 fileiras), gergelim (3 fileiras) e feijão (1 fileira), com espaçamento para o algodão 1m x 0,6 m, milho 1m x 0,5m, feijão 1m x 1m e gergelim 1m x 0,5m	Área foi desmatada, feito enleiramento, passado cultivador no ano de 2004 quando adotou a proposta do plantio agroecológico. De 2004 até o presente momento, a área foi cultivada ininterruptamente com plantio de culturas anuais. Adição de bagana de carnaúba uma vez por ano nos cultivos agrícolas. Preparo do solo de forma manual.
C3C Francisco Antônio Maciel – (Totonho)	S 04° 45'27.3'' W 39°10'47.9''	0,370 ha, plantados com algodão (5 fileiras), milho (5 fileiras), gergelim (5 fileiras), fava (1 fileira), com espaçamento para o algodão 1m x 0,6 m, milho e fava 1m x 0,5m e gergelim 1m x 0,5m	Área cultivada sob manejo tradicional de corte e queima até 2014. Deixada em pousio até 2017 e em 2018 iniciou-se manejo agroecológico, após retirada da vegetação nativa. Em 2019 foi utilizado para preparar a terra um arado de disco para o revolvimento do solo.

C4C João Félix de Sousa	S 04° 43'07.4'' W 39°11'24.7''	0,193 ha, plantados com algodão (3 fileiras), gergelim (2 fileiras), milho (1 fileira) e feijão (1 fileira), com espaçamento para o feijão 0,9 x 0,7 m, gergelim 0,9m x 0,3m, algodão 0,9 x 0,4m e milho 0,9m x 0,7m	Área desmatada e queimada em 1992, cultivada com milho e feijão de 1993 a 1995 e pousio de 1996 a 2002. Em 2003 teve início a implantação do sistema agroecológico. De 2003 até o presente momento, a área foi cultivada ininterruptamente com plantio de culturas anuais. Até 2018, o solo foi preparado de forma manual e em 2019 foi preparado utilizando trator com arado de disco. Nos anos de 2004 e 2005 utilizou esterco de caprino nos cultivos agrícolas. De 2006 até 2019, não se utilizou nenhum tipo de adubo no solo.
C1A José Milton Bezerra	S 05° 34' 78.1'' W 95° 35' 06.0''	1,0 ha, plantados com milho (1 fileira), feijão (1 fileira), fava (1 fileira), com espaçamento para o milho e fava 1m x 0,5 m e feijão 0,8m x 0,4 m	Área desmatada, feito encoivramento e queimada em 2009, para o plantio de milho e feijão. Até 2018 foi utilizada queimada e aplicação de herbicida para a limpeza do terreno. O preparo do solo é feito manualmente. O agricultor aduba o solo com esterco de bovino. Cultivo das culturas em sistema de sequeiro, no período de janeiro a abril.
C2A José Milton Bezerra	S 05°35'75.6'' W 95°35'14.1''	0,03 ha, plantados com milho (7 fileiras), fava (1 fileira), feijão (1 fileira), gergelim (1 fileira), com espaçamento único 0,6 m x 0,4 m	Área desmatada, feito enleiramento e queimada apenas em 2013, cultivada com milho, feijão e fava. Preparo do solo de forma manual. O agricultor não utiliza nenhum tipo de adubo e agroquímico no local de produção. Em 2019, foi instalado um sistema de irrigação para irrigar as culturas no período seco. Plantio realizado no período de julho a outubro. De 2013 até o presente momento, a área foi cultivada ininterruptamente com cultivos agrícolas.
C1U José Eduardo Filho (Sr Doutor)	S 03°59'49.2'' W 38°33'20.3''	0,14 ha, plantados com mandioca (1 fileira), frutíferas (caju, acerola, abacaxi e graviola) e hortaliças, com espaçamento para a mandioca	Área adquirida pelo agricultor em 2005, quando tinha apenas cajueiro, após a aquisição da área, o agricultor foi raleando os cajueiros para inserir novas espécies, iniciando também o

---

		de 1m x 1m e frutífera sem um espaçamento definido.	plantio de milho, feijão e mandioca. Atualmente a área é bem diversificada, com presença de frutíferas, hortaliças e mandioca. Utilização de arado de disco uma vez por ano para o revolvimento do solo. É feita a adição de 1000 kg/ano de esterco de galinha nos cultivos agrícolas.
C2U José Eduardo Filho (Sr Doutor)	S 03°59'48.6'' W 38°33'20.6''	0,14ha, plantados com milho (1 fileira), e feijão (1 fileira), com espaçamento único 1m x 1m	Área adquirida pelo agricultor em 2005, quando tinha apenas cajueiro, após a aquisição da área, o agricultor foi raleando os cajueiros para inserir novas espécies. Em 2005 iniciou o plantio de milho, feijão e mandioca, sendo cultivada ininterruptamente até 2018. No ano de 2019, realizou apenas o cultivo de milho e feijão. Utilização de arado de disco uma vez por ano para o revolvimento do solo. Adição de 1000 kg/ano de esterco de galinha nos cultivos agrícolas, através de adubação de cobertura. Área irrigada no período seco.

---

### 3. RESULTADOS

Todas as áreas apresentaram resultados médios superiores a 5 para os indicadores de qualidade do solo. Nos consórcios agroecológicos avaliados em Choró, verifica-se que o C4C teve a menor média 6,6 (Tabela 2), resultado obtido devido, principalmente aos indicadores resíduos (RES) e cobertura do solo (COB), os quais, apresentaram baixos valores (1,0 e 2,0 respectivamente), devido ao fato de a avaliação ter sido feito no início do ciclo de cultivos de 2019, período no qual, as plantas ainda não estavam bem desenvolvidas, sendo também resultado da “limpeza” da área durante o preparo do solo para o plantio. Apesar disso, o solo não apresentou sinais de erosão, indicador para o qual foi atribuído valor 9,0 (Tabela 1). O indicador INV também obteve nota inferior aos demais consórcios sendo atribuído (5,0), com pouca presença de minhocas e artrópodes, podendo está relacionado com o manejo que o agricultor realiza em sua área, com isso a cada ano de plantio a quantidade de matéria orgânica diminui no solo e conseqüentemente o fornecimento de alimentos para esses indivíduos vai ficando limitado, prejudicando a diversidade da fauna no sistema. O consórcio C4C obteve apenas o indicador PRO com nota (10), sendo também observados bons resultados (valores acima de 8,0) para os indicadores retenção de água (RET), erosão (ERO), atividade microbiológica (ATM), infiltração (INF) e crescimento de raízes (CRE).

Em relação ao consórcio C2C, observa-se que o mesmo apresentou a melhor média entre os consórcios avaliados no município de Choró (Tabela 2). Para este sistema, observa-se superioridade em todos os indicadores de qualidade do solo, exceto para COM, que obteve nota 8,0, menor do que a observada em C1C (Figura 1), com leve restrição da penetração do arame no solo. Neste sistema os atributos biológicos (INV e ATM) foram 9,0 e 10,

respectivamente, devido a presença abundante de organismos invertebrados, e alta atividade microbiológica, observada pela abundante efervescência da amostra de solo avaliada na presença de água oxigenada. Neste consórcio apenas o indicador EST obteve nota 5,0, devido a presença de poucos agregados que se desfaziam com pouca pressão.

Os consórcios C1C e C3C obtiveram médias bem próximas 7,9 e 7,2, respectivamente. Nestes consórcios também não foi observada presença de resíduo (nota 1,0 para este indicador), porém a cobertura do solo já estava um pouco maior em relação ao consórcio C4C, com valores de 7,0 e 5,0, para C1C e C3C, respectivamente. Também no indicador EST, estes sistemas obtiveram nota 5,0, com agregados que quebram com pouca pressão. O consórcio C1C apresentou alguns atributos com nota 10, os quais foram: COM, ERO, ATM e INF.

Tabela 2 - Valores de indicadores de qualidade do solo obtidos nos oitos consórcios agroecológicos, em três municípios cearenses.

Indicador	C1C	C2C	C3C	C4C	C1A	C2A	C1U	C2U
<b>Nota</b>								
1. Profundidade do solo (PRO)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2. Estrutura (EST)	5,0	5,0	5,0	6,0	8,0	6,0	2,0	1,0
3. Compactação (COM)	10,0	8,0	7,0	6,0	8,0	10,0	10,0	5,0
4. Resíduos (RES)	1,0	9,0	1,0	1,0	7,0	5,0	2,0	2,0
5. Cor, odor e M.O (MOG)	7,0	8,0	6,0	6,0	8,0	7,0	6,0	5,0
6. Retenção de água (RET)	8,0	9,0	8,0	8,0	10,0	8,0	10,0	10,0
7. Cobertura do solo (COB)	7,0	10,0	5,0	2,0	8,0	7,0	10,0	10,0
8. Erosão (ERO)	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0
9. Invertebrados (INV)	8,0	9,0	9,0	5,0	10,0	6,0	6,0	5,0
10. Atividade microbiológica (ATM)	10,0	10,0	9,0	8,0	10,0	8,0	6,0	5,0
11. Infiltração (INF)	10,0	10,0	8,0	9,0	10,0	10,0	9,0	8,0
12. Crescimento das raízes (CRE)	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0
Média	7,9	8,9	7,2	6,6	8,9	7,9	7,5	6,6

Observa-se que o indicador ao qual foram atribuídos os menores valores em todos os consórcios avaliados em Riacho do Meio, Choró, foi a presença de resíduos (RES) sobre o solo (Tabela 1 e Figura 1). Nesta localidade, as médias dos consórcios em ordem decrescente foram: C2C > C1C > C3C > C4C (Tabela 1), o que pode ser observado também na figura 1, pela proximidade da linha que representa o C2C com a extremidade do gráfico, assim como pela localização de C4C mais próximo ao eixo do gráfico e de C1C e C3C em posições intermediárias.

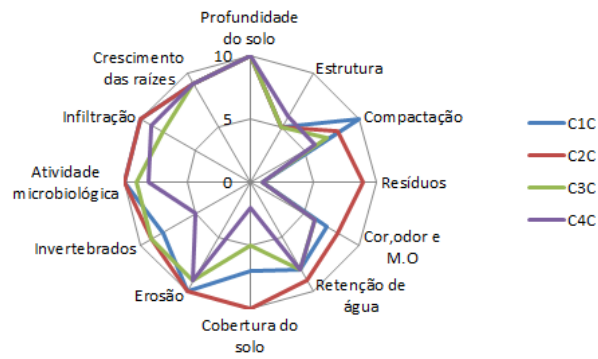


Figura 1. Valores de indicadores de qualidade do solo, em quatro sistemas de produção, na comunidade Riacho do Meio, Choró-CE.

Já os consórcios C1A e C2A avaliados em Acarape, obtiveram médias 8,9 e 7,9 respectivamente. Quando comparado ao C2A, o consórcio C1A obteve maiores valores na maioria dos indicadores, exceto para o indicador compactação (COM), apresentando uma leve restrição na penetração do arame no solo. No sistema C1A, os indicadores PRO, RET, INV, ATM e INF obtiveram nota máxima (10,0). Todos os indicadores avaliados neste consórcio obtiveram valores considerados ótimos para atingir as metas de sustentabilidade, porém os indicadores EST, COM, RES, MOG e COB ainda podem ser melhorados para potencializar cada vez mais a qualidade do solo.

Na figura 2, é possível observar que o consórcio C2A obteve a menor nota (5,0) no indicador RES, dentre todos os indicadores avaliados no sistema. Diferente do consórcio anterior que apresentou 5 indicadores com nota 10,0, o C2A obteve apenas 3 indicadores com notas máximas que foram: PRO, COM e INF. Já os atributos INV e ATM quando comparados com o C1A, obtiveram notas inferiores, com pouca presença de minhocas e artrópodes no solo, obtendo efervescência de leve a média, sendo critério utilizado para determinação das notas.

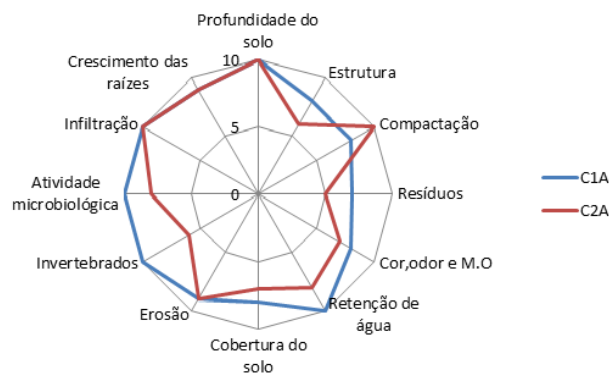


Figura 2. Valores de indicadores de qualidade do solo, em dois sistemas de produção, no assentamento 24 de abril, Acarape-CE.

Nos consórcios avaliados em Umari, Pacajus, observou-se que o C1U apresentou semelhança em relação ao C2U, para a avaliação da qualidade do solo, obtendo apenas o indicador COM, com nota muito superior ao C2U (Tabela 1 e Figura 3). Em C2U, este indicador revelou que o solo teve restrição na penetração do arame, provavelmente pelo efeito da utilização de maquinário na área (arado de disco), compactando gradativamente o solo. As médias dos consórcios, nesta localidade foram 7,5 e 6,6, respectivamente, para C1U e C2U,



sendo os indicadores EST e RES, os indicadores responsáveis pelos menores valores, abaixo de 5,0. Nos dois consórcios, observou-se quanto a EST, que o solo aparentou características de um solo solto, empoeirado sem visíveis agregados, o que pode estar relacionado a textura mais arenosa deste solo. Já no indicador RES, os restos orgânicos estavam em lenta decomposição. Os dois consórcios (C1U e C2U) apresentaram condições ótimas (notas máximas) para quatro indicadores, sendo eles profundidade do solo (PRO), retenção de água (RET), cobertura do solo (COB) e erosão (ERO) (Tabela 1). Já nos indicadores infiltração (INF) e crescimento de raízes (CRE) também foram observados bons resultados, sendo que neste atributo observou-se uma pequena melhoria no consórcio C1U, que obteve nota 9,0, enquanto C2U, apresentou nota 8,0. Os indicadores relacionados a matéria orgânica (MOG), presença de invertebrados (INV) e atividade microbiana (ATM), obtiveram valores intermediários, com notas 6,0 para C1U e 5,0 para C2U.

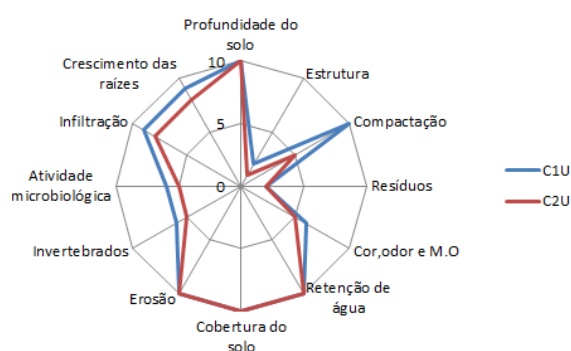


Figura 3 - Valores de indicadores de qualidade do solo no quintal produtivo de um agricultor familiar, em Pacajus-CE.

Na análise dos componentes principais (ACP), observou-se que os dois primeiros componentes principais explicaram 75,9% da variabilidade contida nos dados originais de qualidade do solo, sendo que o fator 1 apresentou um autovalor de 4,54 e 50,27% do total da variação dos dados, enquanto o fator 2 apresentou um autovalor de 2,3, com variação de 25,64% (Figura 4). Os indicadores relacionados a matéria orgânica, a estrutura do solo, a infiltração de água no solo e os indicadores biológicos (presença de invertebrados e atividade microbiana) foram os que contribuíram significativamente para a formação do fator 1; enquanto a cobertura do solo e a retenção de água foram os indicadores que mais contribuíram para a formação do fator 2 (Tabela 3).

Tabela 3 – Correlação entre as variáveis originais (indicadores) e os fatores da ACP.

Indicadores	Fator 1	Fator 2
EST	-0,812*	-0,434*
COM	-0,513*	0,154*
RES	-0,694*	0,528*
MOG	-0,981*	0,167*
RET	0,205*	0,860*
COB	-0,003*	0,965*
INV	-0,760*	0,099*

ATM	-0,902*	-0,303*
INF	-0,851*	0,134*

\*Correlação significativa,  $P < 0.05$ ; EST: estrutura; COM: compactação; RES: resíduos; MOG: cor, odor e matéria orgânica; RET: retenção de água no solo; COB: cobertura do solo; INV: presença de invertebrados; ATM: atividade microbiológica; INF: infiltração de água no solo.

Quanto aos consórcios, observou-se semelhanças entre C2C e C1A, sendo estes os que apresentam, maior correlação com o Fator 1, por terem sido mais influenciados pelos indicadores que formam este fator (EST, MOG, INV, ATM e INF) (Figura 4). As áreas sob os consórcios C1C e C2A apresentaram valores médios para os indicadores, posicionando-se próximo ao eixo dos dois fatores e assim, pouco contribuíram para a formação dos Fatores da ACP (Figura 4). Os consórcios C1U e C2U, assim como as áreas C3C e C4C, diferenciaram-se das demais áreas, por apresentarem as menores médias (Tabela 2), sendo pouco influenciados pelos indicadores avaliados na ACP, porém, os consórcios de Umari (C1U e C2U), diferencia-se de Choró (C3C e C4C) por terem sido influenciados pelos indicadores retenção de água (RET) e cobertura do solo (COB), correlacionados com o Fator 2 (Figura 4).

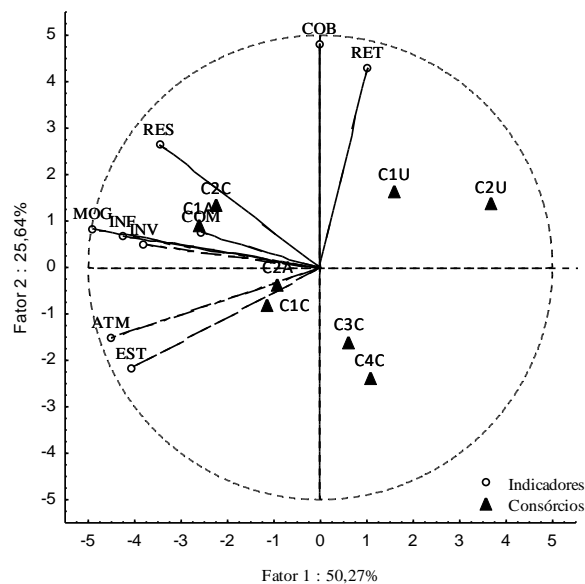


Figura 4 - Análise de componentes principais dos indicadores de qualidade do solo em oito consórcios, em três locais de estudo. C1C e C2C: Consórcios do agricultor FAM-P, Choró-CE; C3C: Consórcio do agricultor FAM-T, Choró-CE; C4C: Consórcio do agricultor JFS, Choró-CE; C1A e C2A: Consórcios do agricultor JMB, Acarape-CE; C1U e C2U: Consórcios do agricultor JEF, Pacajús-CE; EST: estrutura; COM: compactação; RES: resíduos; MOG: cor, odor e matéria orgânica; RET: retenção de água no solo; COB: cobertura do solo; INV: presença de invertebrados; ATM: atividade microbiológica; INF: infiltração de água no solo.

#### 4. DISCUSSÃO

Os melhores resultados observados nos consórcios C2C e C1A provavelmente são devido ao significativo aporte de matéria orgânica no solo, mantendo o solo coberto e assim, favorecendo a manutenção da umidade do solo e reduzindo a sua temperatura, incrementando melhores valores para os indicadores RES, COB, INV e ATM. A melhor média no C2C, é justificada por ser um sistema com grande presença de resíduos em vários estágios de decomposição, com aplicação de bagana de carnaúba como fonte de cobertura morta no solo, além do incremento de matéria orgânica, servindo como fonte de alimentos para atuação dos microrganismos no solo.

Neste sentido, Araújo et al. (2017) observaram resultados satisfatórios com a utilização de bagana de carnaúba como cobertura do solo no consórcio de feijão e milho em regiões semiáridas, mostrando em seu trabalho que a utilização da bagana no solo, melhora a produtividade das culturas, além da manutenção e conservação do solo. Segundo Ibiapina et al. (2014), solos com maior presença de cobertura impedem a ação direta das gotas de chuvas, mantendo umidade e temperatura uniformes, que favorecem o desenvolvimento radicular e uma maior atividade microbiana nas camadas superficiais do solo, melhorando toda sua estrutura. No consórcio C1A, o maior aporte de matéria orgânica, é atribuído pela manutenção dos restos culturais dos cultivos anteriores no solo, promovendo maior proteção do solo, além de manter o aporte de nutrientes no agroecossistema.

Os resultados dos consórcios C2C e C1A, foram similares aos encontrados por Souza et al. (2016), em um sistema de roçado agroecológico em que foi atribuído média (8,6) para os indicadores de qualidade do solo. O manejo dos consórcios é parecido com o realizado no roçado agroecológico, com presença de árvores nativas, com manejo da copa e permanência da serapilheira no solo, contribuindo na melhoria das características físicas e químicas do solo. Sendo assim, supõe que os bons valores de indicadores encontrados nestes dois consórcios, sejam justificados pelo manejo realizado pelos agricultores, tentando minimizar os impactos oriundos dos cultivos agrícolas, através de práticas conservacionistas. Estas possibilitam a manutenção e conservação das propriedades do solo, contribuindo assim para todo o ecossistema ali presente. Estes sistemas foram os que apresentaram a maior presença e atividade de organismos no solo, em virtude de maior acúmulo de matéria orgânica no solo.

A partir dos indicadores avaliados, entende-se que nos sistemas que tiveram um maior aporte de matéria orgânica e que não utilizaram maquinário para revolvimento do solo, houve tendência a melhoria da qualidade deste solo. Segundo Mendes et al. (2013), culturas como o milho em sistemas de consórcio, podem ser beneficiadas com a presença de copa de árvores, podendo aumentar sua produtividade, os quais foram observados nos consórcios C2C e C1A, com desenvolvimento visível do milho.

Já os consórcios C4C e C2U apresentaram as menores médias dentre todos os consórcios avaliados, justificado pelas práticas que são realizadas nestes consórcios, com pouca presença de resíduos no sistema, que reduz a disponibilidade de matéria orgânica no solo. No C2U este resultado baixo pode estar relacionado pela utilização de maquinário todo ano no sistema para o preparo do solo, deixando o solo susceptível a compactação, além da redução de MO no solo, decorrente do plantio de culturas anuais, sem a reposição e aporte de nutrientes no solo. Também pode estar relacionado, pela baixa diversidade de espécies no sistema, com o plantio apenas de culturas agrícolas, prejudicando e alterando todo ecossistema ali inserido, além de uma menor presença de organismos, que são fundamentais para a formação de agregados no solo.

Em estudos realizados por Machado e Vidal (2006), comprovou-se que os microorganismos juntamente com as raízes são responsáveis pelo agrupamento de partículas decorrente da secreção de substâncias capazes de unir as partículas, sendo essencial a manutenção desses indivíduos no solo. Resultados encontrados por Arruda et al. (2012), utilizando a metodologia dos indicadores de qualidade do solo em uma área degradada obtiveram também os mesmos indicadores que reduziram a média nos dois consórcios C4C e C2U que foram: EST, COM, MOG e INV. Percebeu-se que nestes sistemas são necessárias práticas conservacionistas que possam melhorar as características químicas destes solos, visto que pelo manejo que está sendo praticado, sem presença de cobertura e conseqüentemente menor acúmulo de MO, estes consórcios estarão mais susceptíveis a degradação.

Já os sistemas C1C, C2A e C1U, foram os consórcios que atingiram médias semelhantes, justificado por ser sistemas que estão em estágios de transição, tentando buscar práticas alternativas para melhorar suas áreas de produção. Estes consórcios apesar de não

terem sido atribuídos as melhores médias, são sistemas que apresentaram ótimas notas em alguns dos indicadores, principalmente no crescimento e desenvolvimento das raízes, com aparência de aspecto saudável. O C1C apresentou vários indicadores com ótimas notas mostrados anteriormente, este resultado pode ser justificado, pela área ter ficado em pousio durante 11 anos e com isso a vegetação estabeleceu no local novamente devido a não utilização de nenhum cultivo agrícola no sistema, favorecendo a maior presença de microrganismos no solo, em virtude de uma maior diversidade de espécies na área. O C2A é um dos sistemas que está em processo de transição, justificado por uma grande diversidade de espécies na área, sendo um dos consórcios com grande capacidade de atingirem melhores notas ao passar do tempo, devido ao manejo que está sendo realizado, principalmente na questão da preservação e conservação do solo, sem a utilização de implementos agrícolas e agroquímicos.

Também no C1U, o sistema está em processo de transição, apesar de não ter obtido melhor média, este sistema possui uma maior diversidade de espécies no local de produção e com isso proporcionando uma maior diversidade de organismos, favorecendo toda a fauna do solo ali presente. Segundo Arruda et al. (2012), a condição climática no semiárido nordestino, em determinados períodos do ano, compromete na umidade favorável ao solo, devido a períodos de seca, comprometendo na atividade dos microrganismos, responsáveis pela mineralização da MO e com isso interferindo na estrutura do solo. Alguns consórcios apresentaram essa limitação, obtendo notas baixas neste atributo tão importante do solo.

Quanto aos indicadores que apresentaram as menores notas (EST e RES) em todos os sistemas avaliados, destaca-se que o resultado obtido para estrutura pode ser devido as características textura do solo das áreas, que na sua maioria são arenosos, quanto ao segundo indicador resíduos, os resultados refletem tanto as elevadas taxas de decomposição observadas nas regiões semiáridas, quando a necessidade dos agricultores de obterem forragem das áreas dos consórcios para alimentação dos rebanhos no período seco do ano, assim como ressaltado por (SOUZA et al., 2016).

Diante disto, buscar técnicas que possam contribuir para uma maior retenção de umidade durante o período das chuvas e introduzir espécies adaptadas às condições de secas, contribuirá para uma melhoria na estrutura do solo, devido uma maior diversificação no local de produção. Considerando os resultados obtidos, o emprego de esterco em alguns consórcios seria uma alternativa adequada para melhoria dos indicadores de qualidade do solo (SOUZA et al., 2016), com adição de nutrientes e também como uma prática que aproveitaria o máximo de energia no sistema, através da própria produção de esterco na comunidade, sem a necessidade da compra de insumos externos. Outra alternativa seria o cultivo com árvores nativas da caatinga, assemelhando-se a um sistema agroflorestral (SOUZA et al., 2016), com o mínimo revolvimento do solo, além do incremento de serapilheira no solo, incrementando os teores de matéria orgânica e de nutrientes (IWATA et al., 2012) e diversificando a produção (MARTINS et al., 2013). Outra prática para melhorar ainda mais os consórcios, seria o cultivo de adubos verdes com utilização de leguminosas melhorando os teores de nutrientes, principalmente pela fixação de nitrogênio no solo e ciclagem de nutrientes.

No entanto, conforme destacado por Altieri e Nicholls (2004), a avaliação participativa não tem como objetivo fazer com que os agricultores adotem as técnicas observadas nos sistemas que obtiveram as maiores notas e/ou indicadas na literatura, mas sim, as que estejam ao alcance. Porém a participação dos agricultores na avaliação de suas áreas produtivas permite refletir sobre os manejos adotados, bem como confere-lhes protagonismos quanto as decisões a serem adotadas para melhoria dos sistemas, além de favorecer a troca de conhecimentos tradicionais e acadêmicos.

## 5. CONCLUSÕES

A utilização de práticas edáficas, como aplicação de esterco e resíduos em alguns consórcios avaliados (C2C e C1A) incrementaram os valores dos indicadores de qualidade do solo, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo.

Alguns consórcios que adotam princípios agroecológicos a mais de uma década (C3C e C4C) apresentaram indicadores com baixos valores, ressaltando a importância do monitoramento constante das áreas tendo em vista a sustentabilidade da produção.

Com a utilização da metodologia participativa, foi possível avaliar os sistemas agrícolas juntamente com os agricultores, mostrando quais soluções são possíveis para melhoria destes sistemas.

## 6. REFERÊNCIAS

ALCÁZAR, P.; ESPEJEL, I.; REYES-ORTA, M.; ARREDONDO-GARCÍA., M. C. Retrospective assessment as a tool for the management of sustainability in diversified farms. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v.44, n.1, p.30-53, 2019. DOI: 10.1080/21683565.2019.1578722

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sustentabilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, v.64, p.17-24, 2002.

ALMEIDA, M. V. R. de; OLIVEIRA, T. S.; BEZERRA, A. M. E. Biodiversidade em sistemas agroecológicos no município de Choró, CE, Brasil. *Ciência Rural* (UFMS. Impresso), v. 39, p. 1080-1087, 2009.

AMADO, T. J. C.; CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. Qualidade do solo avaliada pelo Soil quality kit test em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.109-121, 2007.

ARAÚJO, A. L.; OLIVEIRA, R. T.; FERREIRA, T. O.; ROMERO, R. E.; OLIVEIRA, T. S. Evaluation of soil structure using participatory methods in the semiarid region of Brazil. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 44, n. 3 p. 411-418, jul-set, 2013.

ARAÚJO, A. K.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MARANHÃO, S. R. Consórcios de milho, feijão e mandioca em presença de bagana de carnaúba em um Argissolo no litoral norte do Ceará sob condições de sequeiro. *Revista Ciências Agrárias*, Sobral-CE, v. 18, n. 1, p. 2-23, 2017.

ARRUDA, L. E. V.; BATISTA, R. O.; VALE, H. S. M.; COSTA, L. R.; SILVA, K. B. Uso de metodologia participativa na obtenção de indicadores da qualidade do solo em Mossoró-RN. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 7, n. 5, p. 25-35, out-dez, 2012.

IBIAPINA, T. V. B.; SALVIANO, A. A. C.; NUNES, L. A. P. L.; MOUSINHO, F. E. P.; LIMA, M. G.; SOARES, L. M. S. Resistência à penetração e agregação de um Latossolo Amarelo sob monocultivo de soja e de eucalipto no cerrado do Piauí. *Científica, Jaboticabal*, v.42, n.4, p.411-418, 2014.

IWATA, B. F. et al. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.7, p.730–738, 2012.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico municipal, Choró**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2017.

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. p.44. (Documentos, 173)

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.837-848, 2006.

MAIA, S. M. F.; OTUTUMI, A. T.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J. C. L.; OLIVEIRA, T.S. Combined effect of intercropping and minimum tillage on soil carbon sequestration and organic matter pools in the semiarid region of Brazil. **Soil Research**, v.57, p.266-275, 2019. <https://doi.org/10.1071/SR17336>

MARTINS, J. C. R.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS, A. F.; NAGAI, M. A. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.581-587, 2013.

MENDES, M. M. S. LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, A. C. R.; FERNANDES, F. E. P.; LIVEIRA, T. S. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau - branco em sistema agrossilvipastoril. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, n.10, p.1342-1350, 2013.

NICHOLLS, C.I.; ALTIERI, M.A.; DEZANET, A.; LANA, M.; FEISTAUER, D.; OURIQUES, M. A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in viveyard systems. **Biodynamics**, n250, p.33-40, 2004.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 56, n. 1, p. 40-47, jan./mar. 2013

SOUZA, H. A. FARIAS, J. L. S.; PAIVA, F.E.P.; GUEDES, F. L.; POMPEU, R. C. F. F.; ROUWS, J. R. C. Avaliação participativa de indicadores de solo e sanidade de cultivos em sistemas de produção na Comunidade Pé de Serra Cedro, no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, p. 206-215, 2016.

SOUZA, H. A.; CAVALCANTE, A. C. R.; TONUCCI, R. G.; POMPEU, R. C. F. F.; SOUZA, M. C. R.; MAIA, C. E. Níveis críticos para atributos do solo pela distribuição normal reduzida em culturas anuais de subsistência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.425-430, 2014

SILVA, G. dos S.; OLIVEIRA, R. A.; QUEIROZ, N. L.; SILVA, M. N. B.; SOUSA, M. F.; SILVA, S. A. Desempenho agrônomico de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira. **Rev. bras. eng. agríc. Ambiental**, v.17. Campina Grande Set. 2013.