



Utilização de indicadores participativos de qualidade do solo em sistemas de produção agrícola familiar

Pedro Victor Castro SILVA¹, Maria Ivanilda de AGUIAR^{1*}, Francisca Maria Maciel DANTAS²,
Maria Valdenira Rodrigues de ALMEIDA³, Leandra de Oliveira COSTA¹,
Daniela Queiroz ZULIANI¹

¹Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, CE, Brasil.
(Orcid: 0000-0001-7851-312X; *; 0000-0002-6673-1071; 0000-0003-3166-1031)

²Associação Comunitária dos Agricultores Familiares, Riacho do Meio, PE, Brasil. (Orcid: 0000-0002-4559-7360)

³V Fair Trade Comer e Export de Calçados e Acessórios, Campo Bom, RS, Brasil. (Orcid: 0000-0002-3681-7691)
*E-mail: ivanilda@unilab.edu.br (Orcid: 0000-0002-6147-2621)

Recebido em 18/02/2020; Aceito em 07/10/2020; Publicado em 11/11/2020.

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; agroecologia.

Use of participative soil quality indicators in family agricultural production systems

ABSTRACT: Evaluating agricultural systems allows inferring about the sustainability of the practices practiced. In this sense, the objective was to evaluate soil quality in different production systems using visual indicators. Eight traditional consortia were evaluated at different use periods, located in three counties in Ceará. Consortia are groups of many species of plants living in the same area. Participatory methodology was used, choosing 12 soil quality indicators, which were given scores from 1 to 10, according to pre-established criteria. The data were evaluated using descriptive and multivariate analysis (Principal Component Analysis - PCA). All consortia evaluated showed satisfactory levels of soil quality with averages above five. Two consortia, one located in Choró (Consortium 02 Choró - C2C) and another in Acarape (Consortium 01 Settlement - C1S) stood out from the others, with the highest averages (8.9). The insertion 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; land cover; agroecology.

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 priorizem 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) enfatizam a importância da utilização de indicadores reconhecidos e possíveis de serem mensurados por agricultores, por ser uma abordagem inovadora que busca integrar conhecimentos 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).

Estudos, 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 uma produção mais sustentável. Também, trabalho realizado por Pezarico et al. (2013), utilizando indicadores físicos, químicos e microbiológicos 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 à vegetação natural, em termos de diversidade de espécies, contribuindo para melhoria da qualidade do solo.

Estudos, realizados em consórcios agroecológicos no semiárido cearense, têm 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 consequentemente 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 resiliências/resistências 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 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).

Os dados foram levantados em fevereiro, maio e setembro de 2019, nas comunidades de Umari, Choró e Assentamento 24 de abril, respectivamente. 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 Nicholls et al. (2004). 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. Em cada local avaliado, foi apresentado a(o) agriculto(res) uma lista contendo 12 indicadores proposto por Nicholls et al. (2004) para avaliação da qualidade do solo nas áreas de cultivo. Procedeu-se a seguir, à explicação detalhada dos indicadores e características, de acordo com as quais seriam atribuídas as notas, conforme tabela 2. Os agricultores concordaram com a utilização de todos os indicadores propostos, por serem todos aplicáveis as suas realidades.

Os indicadores utilizados devem ser capazes de atender a alguns dos seguintes critérios: fácil utilização pelos agricultores; relativamente precisos e fáceis de interpretar e analisar; práticos para novas tomadas de decisão; sensíveis às mudanças ambientais e as práticas de manejo e capazes de integrar e inter-relacionar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Nicholls et al., 2004). Os indicadores podem também ser relacionados aos aspectos físicos: profundidade do solo (PRO), estrutura (EST), compactação (COM), retenção de água (RET), infiltração (INF) e crescimento das raízes (CRE); biológicos: presença de invertebrados (INV) e atividade microbiológica (ATM); e, inter-relacionados aos aspectos químicos, físicos e biológicos: estado de resíduos (RES), cor, odor e matéria orgânica (MOG), cobertura do solo (COB) e erosão (ERO).

No campo, abriu-se uma pequena trincheira e foram observados cada um dos indicadores. Sendo, neste momento, reforçado o significado dos mesmos e as características consideradas para atribuição das notas (Tabela 2). 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 inferiores a 5 são consideradas 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.

Table 1. Location, characteristics and history of the consortia evaluated in the municipalities of Acarape-CE, Choró-CE and 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. Após a colheita das culturas a área é pastejada por bovinos que consomem os restos culturais.
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 de 1m x 1m e frutífera sem um espaçamento definido.	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 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.

Tabela 2. Indicadores de qualidade do solo, características e valores estabelecidos.

Table 2. Soil quality indicators, characteristics and established values

Indicador	Característica	Valor (nota) estabelecido*
Profundidade do solo (PRO)	Subsolo quase exposto ou exposto	1
	Fina superfície de solo < 10 cm	5
	Solo superficial > 10 cm	10
Estrutura (EST)	Solo solto, empoeirado sem visíveis agregados	1
	Poucos agregados que quebram com pouca pressão	5
	Agregados bem formados difíceis de serem quebrados	10
Compactação (COM)	Solo compactado (arame encurva-se facilmente)	1
	Fina camada compactada (alguma restrição à penetração do arame)	5
	Sem compactação (sem restrição à penetração do arame)	10
Estado de resíduos (RES)	Resíduos orgânicos com lenta decomposição	1
	Presença de resíduos em decomposição há pelo menos um ano	5
	Resíduos em vários estágios de decomposição, muitos resíduos bem decompostos	10
Cor, odor e M.O (MOG)	Solo pálido, com odor químico e sem húmus	1
	Solo marrom-claro, sem odor, com pouca presença de húmus	5
	Solo marrom-escuro, com odor de matéria fresca e abundante presença de húmus	10
Retenção de água (RET)**	Solo seco, não retém água	1
	Grau limitado de umidade por um curto período de tempo	5
	Considerável grau de umidade por um curto período de tempo	10
Cobertura do solo (COB)	Solo exposto (sem nenhuma cobertura viva ou morta)	1
	Menos de 50% de solo coberto por resíduos ou cobertura viva	5
	Mais de 50% de solo coberto por resíduos ou cobertura viva	10
Erosão (ERO)	Erosão severa, presença de pequenos valos	1
	Evidentes, mas pouco sinais de erosão	5
	Ausência de sinais de erosão	10
Presença de Invertebrados (INV)	Ausência de atividade de invertebrados	1
	Poucas minhocas e artrópodes presentes	5
	Presença abundante de organismos invertebrados	10
Atividade microbiológica (ATM)	Pouca efervescência após aplicação de água oxigenada	1
	Efervescência leve a média	5
	Efervescência abundante	10
Infiltração (INF)	Acúmulo de água na superfície do solo.	1
	Pequena quantidade de água sobre a superfície.	5
	Nenhuma água na superfície.	10
Crescimento das raízes (CRE)	Raízes pouco desenvolvidas, enfermas, curtas	1
	Raízes de crescimento limitado, observam-se algumas raízes finas	5
	Raízes com bom crescimento, saudáveis e profundas, com presença abundante de raízes finas	10

*Podem ser assumidos qualquer valor entre 1 e 10 para cada indicador; **grau de umidade após irrigação ou chuva. Fonte: Nicholls et al. (2004).

3. RESULTADOS

Todos os consórcios avaliados apresentaram níveis satisfatórios de qualidade do solo com médias acima de cinco (Tabela 3). Os consórcios C2C e C1A obtiveram as melhores médias (8,9), quando comparado aos outros sistemas agrícolas.

O consórcio C2C, obteve nota 10 no indicador cobertura do solo (COB), e com isso favoreceu maior retenção de água (RET), sendo atribuído nota 9,0 para este indicador, devido uma maior quantidade de restos vegetais no solo. Neste sistema os atributos biológicos, presença de invertebrados (INV) e atividade microbiológica (ATM), obtiveram notas 9,0 e 10, respectivamente (Tabela 3). Neste sistema apenas o indicador estrutura (EST) obteve nota inferior a 6,0, devido a presença de poucos agregados que se desfaziam com pouca pressão.

No sistema C1A, os indicadores profundidade do solo (PRO), retenção de água (RET), presença de invertebrados (INV), atividade microbiológica (ATM) e infiltração (INF) obtiveram nota máxima (10), contribuindo para a melhoria do agroecossistema (Tabela 3). Todos os indicadores avaliados, obtiveram valores maiores que 7,0, considerados ótimos para atingir as metas de sustentabilidade, porém os indicadores estrutura (EST), compactação (COM), estado de resíduos (RES), cor, odor e matéria orgânica (MOG) e cobertura do solo (COB)

podem ser melhorados para potencializar cada vez mais a qualidade do solo.

Os consórcios C4C e C2U apresentaram as menores médias (6,6) de indicadores de qualidade do solo (Tabela 3). No consórcio C4C, os indicadores que merecem mais atenção, devido aos baixos valores são RES (com nota 1,0) e COB (nota 2,0). Nesta área, somente o indicador profundidade do solo (PRO) apresentou nota máxima, sendo que apenas cinco indicadores (RET, EST, ATM, INF e CRE) obtiveram valores iguais ou maiores que oito (Tabela 3).

O consórcio C2U, apresentou os menores valores para os indicadores EST e COM (1,0 e 2,0, respectivamente). (Tabela 3), porém, nesta área seis indicadores (PRO, RET, COB, ERO, INF e CRE) obtiveram valores iguais ou maiores que oito. No entanto é importante fazer o acompanhamento do manejo empregado no consórcio, tendo em vista a sua vulnerabilidade com o passar dos anos, para então melhorar e atingir maiores valores nos indicadores avaliados.

Na Figura 1, observa-se um gráfico tipo 'radar', que permite fazer a comparação conjunta de todos os indicadores de qualidade do solo. Assim, observa-se que para o indicador profundidade do solo todos as áreas obtiveram valor máximo, sendo que para os indicadores retenção de água, erosão, infiltração e crescimento de raízes todas as áreas avaliadas também apresentaram

elevados valores (Figura 1), com baixa variação entre os consórcios. Houve uma grande variação entre os consórcios para os indicadores, compactação, presença de invertebrados e atividade microbiológicas, com valores intermediários para a maioria das áreas (Figura 1). Percebeu-se também elevada variação nas notas dos consórcios para os indicadores estrutura, estado de resíduo

e cor, odor e MO. Para estes indicadores, de forma geral, os consórcios obtiveram as menores notas. Percebe-se que, os consórcios C4C, C1U e C2U são os que mais aparecem próximos ao eixo do gráfico (Figura 1), indicando a situação mais crítica quanto à qualidade do solo nestas áreas.

Tabela 3. Valores de indicadores de qualidade do solo obtidos nos oitos consórcios agroecológicos, em três municípios cearenses. Table 3. Values of soil quality indicators obtained in the eight agroecological consortia, in three municipalities in Ceará.

Indicador	C1C	C2C	C3C	C4C	Nota			
					C1A	C2A	C1U	C2U
Profundidade do solo (PRO)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Estrutura (EST)	5,0	5,0	5,0	6,0	8,0	6,0	2,0	1,0
Compactação (COM)	10,0	8,0	7,0	6,0	8,0	10,0	10,0	5,0
Estado de Resíduos (RES)	1,0	9,0	1,0	1,0	7,0	5,0	2,0	2,0
Cor, odor e M.O (MOG)	7,0	8,0	6,0	6,0	8,0	7,0	6,0	5,0
Retenção de água (RET)	8,0	9,0	8,0	8,0	10,0	8,0	10,0	10,0
Cobertura do solo (COB)	7,0	10,0	5,0	2,0	8,0	7,0	10,0	10,0
Erosão (ERO)	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0
Presença de Invertebrados (INV)	8,0	9,0	9,0	5,0	10,0	6,0	6,0	5,0
Atividade microbiológica (ATM)	10,0	10,0	9,0	8,0	10,0	8,0	6,0	5,0
Infiltração (INF)	10,0	10,0	8,0	9,0	10,0	10,0	9,0	8,0
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

C1C, C2C, C3C e C4C: Consórcios de Riacho do Meio; C1A e C2A: Consórcios do Assentamento 24 de Abril; C1U e C2U: Consórcios de Umari.

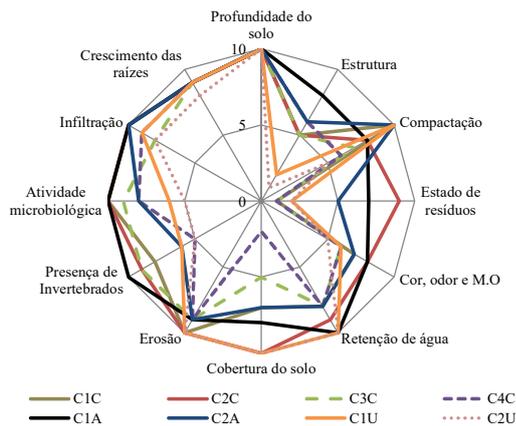


Figura 1. Indicadores de qualidade do solo nos consórcios, avaliados nas comunidades Riacho do Meio (Choró), Umari (Pacajús) e Assentamento 24 de Abril (Acarape), Ceará, 2019. C1C, C2C, C3C e C4C: Consórcios de Riacho do Meio; C1A e C2A: Consórcios do Assentamento 24 de Abril; C1U e C2U: Consórcios de Umari. Figure 1. Soil quality indicators, in consortia evaluated in the Riacho do Meio community (Choró), Umari (Pacajús) and Settlement 24 de April (Acarape), Ceará, 2019.

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 2). Os indicadores relacionados a matéria orgânica (MOG), a estrutura do solo (EST), a infiltração de água no solo (INF) e os indicadores biológicos (presença de invertebrados (INV) e atividade microbiológica (ATM)) 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 4).

Tabela 4. Correlação entre as variáveis originais (indicadores) e os fatores da ACP.

Table 4. Correlation between the original variables (indicators) and the PCA factors.

Indicadores	Fator 1	Fator 2
Estrutura	-0,812*	-0,434
Compactação	-0,513	0,154
Estado de resíduos	-0,694	0,528
Cor, odor e MO	-0,981*	0,167
Retenção de água	0,205	0,860*
Cobertura do solo	-0,003	0,965*
Presença de invertebrados	-0,760*	0,099
Atividade microbiológica	-0,902*	-0,303
Infiltração	-0,851*	0,134

*Correlação significativa, P < 0.05.

Quanto aos consórcios, observou-se formação de quatro grupos, sendo que os consórcios situados no quadrante I apresentaram os maiores valores (maior correlação) para os indicadores MOG, EST, INF, INV e ATM, que mais contribuíram para formação do fator 1. Enquanto as áreas que se situam no quadrante II, foram mais influenciadas pelos indicadores COB e RET, responsáveis pela formação do fator 2 (Figura 2). Assim, C2C e C1A são os que apresentam, maior correlação com o Fator 1 (quadrante I), por terem sido mais influenciados pelos indicadores que formam este fator. 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 2). Os consórcios C1U e C2U, assim como as áreas C3C e C4C, diferenciam-se das demais áreas, por apresentarem as menores médias (Tabela 3), sendo pouco influenciados pelos indicadores avaliados na ACP, porém, os consórcios de Umari (C1U e C2U), diferenciam-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 2).

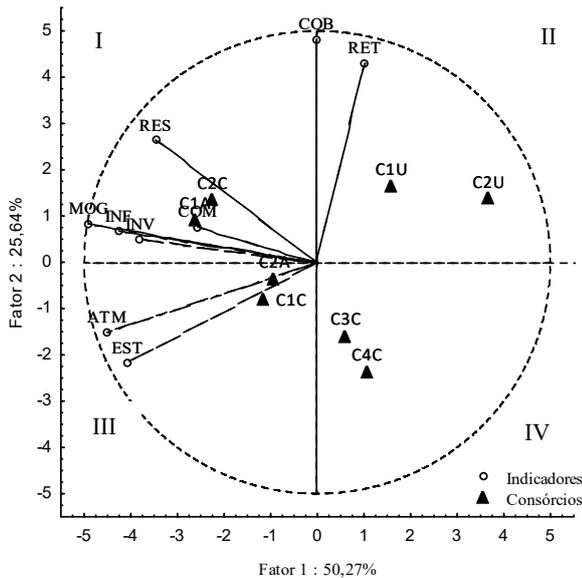


Figura 2. Análise de componentes principais dos indicadores de qualidade do solo em oito consórcios, em três locais de estudo. Figure 2. Analysis of principal components of soil quality indicators in eight consortia, in three study sites.

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-se 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 da 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. O C4C, assim como o C3C não se relacionou com nenhum indicador avaliado (Figura 2), sendo que no C4C, a reduzida cobertura do solo deu-se pelo fato de a avaliação ter sido realizada 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. É provável que a reduzida quantidade de resíduos, bem como a pouca cobertura do solo, interfira negativamente na presença de artrópodes, reduzindo a diversidade da fauna no sistema.

Os baixos valores podem estar relacionados à 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. No entanto, observou-se influência positiva da retenção de água (Figura 2), provavelmente devido a sua textura arenosa. A baixa diversidade de espécies no sistema, com o plantio apenas de culturas agrícolas pode prejudicar e alterar todo ecossistema ali inserido, promovendo menor presença de organismos, que são fundamentais para a formação de agregados no solo.

Em estudos realizados por Machado; Vidal (2006), comprovou-se que os microrganismos 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 consequentemente menor acúmulo de MO, estes consórcios estarão mais susceptíveis a degradação.

Assim, é necessário um processo de tomada de decisão, que se volte para a melhoria do manejo imposto nestas áreas, para evitar consequências negativas atuais e futuras nos sistemas, caso o manejo não seja mudado.

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 recebido 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 se 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 a umidade favorável ao solo, devido a períodos de seca, prejudicando a atividade dos microrganismos, responsáveis pela mineralização da MO e com isso interferindo na estrutura do solo. Os consórcios C1U e C2U apresentaram notas baixas neste atributo tão importante do solo, apesar de C2U ter irrigação durante o ciclo das culturas.

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 às características texturais 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, quanto 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).

É importante ressaltar a necessidade de se fazer um monitoramento constante das áreas tendo em vista a sustentabilidade da produção, tanto nas áreas que adotaram o manejo agroecológico mais recente, quanto nas áreas de maior tempo de adoção dos consórcios agroecológicos.

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 agroflorestal (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; 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 aos seus alcances. Porém a participação dos agricultores na avaliação de suas áreas produtivas permite refletir sobre os manejos adotados, bem como confere-lhes protagonismos quanto às 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 a utilização de estercos e resíduos vegetais em alguns consórcios avaliados (C2C e C1A), favoreceu os valores dos indicadores de qualidade do solo, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo.

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**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1080-1087, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000047>
- 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**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 109-121, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000100012>.
- 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 Agrônoma**,

- Fortaleza, v. 44, n. 3 p. 411-418, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000300001>
- 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. **Essentia**, Sobral, v. 18, n. 1, p. 02-23, 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**, Pombal, v. 7, n. 5, p. 25-35, 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.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p.730-738, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700005>.
- 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. 44p. (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. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 837-848, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500018>.
- 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. DOI: <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**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 581-587, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000600002>
- 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 agrossilvopastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1342-1350, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000005>.
- 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 vineyard systems. **Biodynamics**, n. 250, p. 33-40, 2004.
- PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.
- SILVA, G. dos S.; OLIVEIRA, R. A.; QUEIROZ, N. L.; SILVA, M. N. B.; SOUSA, M. F.; SILVA, S. A. Desempenho agrônomo de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 975-981, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000900010>
- 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**, Dois Vizinhos, v. 11, n. 3, 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**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 425-430, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000400010>.