



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Sistemas de produção da Musa spp. no Cariri cearense, Brasil: caracterização, indicadores de sustentabilidade e químicos do solo

Lana Raissa Barros Alves Cordeiro¹, Raul Caco Alves Bezerra², Astrogilda Batista do Nascimento³, Ana Lúcia Monteiro de Sousa⁴, Cicero Lucas da Silva⁵, Débora Purcina de Moura⁶, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim⁷, Thieres George Freire da Silva⁸, Sami Jorge Michereff⁹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - Serra Talhada – PE, 56909-535. lanarai.lr@gmail.com (autor correspondente); ²Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. raulcacoalvesbezerra@hotmail.com; ³Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. astrogildabatistanascimento@gmail.com; ⁴Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. lucinha_20@msn.com; ⁵Universidade Federal do Cariri – UFCA, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade. cicero_lucas@outlook.com; ⁶Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. deborapurcinad@gmail.com; ⁷Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, Pernambuco, Brasil. alexandremrfj@gmail.com; ⁸Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. thieres.silva@ufrpe.br; ⁹Universidade Federal do Cariri – UFCA, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, R. Ícaro de Sousa Moreira, 126 - Muriti, Crato – CE, 63113-140. sami.michereff@ufca.edu.br.

Artigo recebido em 15/11/2023 e aceito em 12/12/2023

RESUMO

A banana (*Musa* spp.) é a fruta mais consumida no mundo. A região do Cariri cearense tem cerca de 2,9 mil hectares cultivados com bananeira, sendo uma das regiões mais produtoras do país. Apesar da importância da produção de banana para a região são escassos os estudos relacionados aos indicadores da sustentabilidade dos cultivos e aos indicadores químicos da qualidade dos solos. Diante disso, objetivou-se com esse estudo caracterizar o sistema de produção de banana do Cariri Cearense, por meio de indicadores de sustentabilidade da produção e indicadores químicos de qualidade do solo. O estudo foi conduzido em oito campos comerciais situados no município de Missão Velha, na região do Cariri do Estado do Ceará. Nas análises dos indicadores foram atribuídos valores de 1 (baixa sustentabilidade) a 10 (elevada sustentabilidade). Para as análises químicas, as amostras de solos coletadas foram submetidas às análises dos níveis dos atributos químicos: matéria orgânica (MO), acidez ativa (pH), alumínio (Al_3^+), acidez potencial ($H+Al$), fósforo (P), potássio (K^+), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V%). Todos os campos se encontravam abaixo do nível de sustentabilidade, indicando a necessidade de ações para melhoria desses indicadores, apesar de possuir solos com elevada fertilidade natural, mas desequilibrados nutricionalmente, com deficiência de nutrientes no solo, principalmente MO, P e K^+ . O uso desses indicadores permite ao produtor um diagnóstico rápido contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de manejos mais sustentáveis. Palavras-chave: agricultura sustentável, indicadores de qualidade do solo, indicadores de sanidade do cultivo, atributos químicos do solo.

Musa spp. production systems in Cariri cearense, Brazil: characterization, sustainability and soil chemical indicators

ABSTRACT

The banana (*Musa* spp.) is the most consumed fruit in the world. The Cariri region of Ceará has about 2.9 thousand hectares cultivated with banana, being one of the most productive regions of the country. Despite the importance of banana production for the region, studies related to the sustainability indicators of crops and chemical indicators of soil quality are scarce. Therefore, this study aimed to characterize the banana production system of Cariri Ceará, through indicators of sustainability of production and chemical indicators of soil quality. The study was conducted in eight commercial fields located in the municipality of Missão Velha, in the Cariri region of Ceará State. In the analysis of the indicators, values were assigned from 1 (low sustainability) to 10 (high sustainability). For the chemical analyses, the soil samples collected were submitted to the analysis of the levels of the chemical attributes: organic matter (OM), active acidity (pH), aluminum (Al_3^+), potential acidity ($H+Al$), phosphorus (P), potassium (K^+), sodium (Na^+), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), base sum (SB), cation exchange capacity (CEC) and base saturation (V%). All fields were below the

sustainability level, indicating the need for actions to improve these indicators, despite having soils with high natural fertility, but nutritionally unbalanced, with deficiency of nutrients in the soil, especially OM, P and K. The use of these indicators allows the producer a rapid diagnosis, contributing to the development of more sustainable management systems.

Key-word: sustainable agriculture, soil quality indicators, crop health indicators, chemical attributes of soil.

Introdução

A banana (*Musa spp.*) é a fruta mais consumida no mundo. A bananicultura é uma atividade de grande importância econômica e social do agronegócio brasileiro, pois além de gerar renda contribui para a fixação do homem no campo (Amaro; Fagundes, 2016). A região do Cariri do Estado do Ceará é o oitavo maior produtor brasileiro de banana (IBGE, 2021a). Nessa região, a bananeira é cultivada por pequenos e médios agricultores, em propriedades de nível familiar, bem como por grandes empresas (Nascimento, 2021).

Todavia, o manejo inadequado das terras combinado ao uso indiscriminado de fertilizantes tem levado a ocorrência de baixa disponibilidade de nutrientes nos solos ou aplicação de grandes quantidades minerais, os quais são absorvidas pela bananeira e exportados pelos frutos, provocando aumentos significativos no custo do produtor rural (Borges et al., 2016). No entanto, a produção de banana enfrenta vários desafios, como a degradação do solo, o alto custo dos fertilizantes e o alto risco de doenças, podendo se tornar esporádico. Para superar esses problemas, é necessário adotar práticas de manejo que respeitem o equilíbrio ecológico e garantam a sustentabilidade da cultura como: aumentar a diversidade genética e de espécies, bem como diversificar os limites da plantação de banana, visando melhorar a aparência da planta e reduzir os índices de doenças. Dessa forma, é possível obter uma produção de qualidade, com menor impacto ambiental e maior rentabilidade para o produtor rural (Altieri, 2008; Borges et al., 2016). Nesse contexto, a busca de informações para assegurar a produção a longo prazo, por meio do uso de práticas de manejo ecologicamente seguras é imprescindível para atingir uma agricultura sustentável (Altieri, 2008).

O nível de sustentabilidade da produção agrícola pode ser avaliado com o uso de indicadores de sustentabilidade baseados na qualidade do solo e na sanidade do cultivo (Altieri; Nicholls, 2002; Gliessman, 2015). Esses indicadores têm por finalidade obter informações que determinem se o sistema de manejo utilizado é sustentável, além de permitir a identificação de aspectos que precisam ser aperfeiçoados (Cruz et al., 2019). Os indicadores de sustentabilidade

baseados na qualidade do solo avaliam questões como profundidade e compactação do solo, matéria orgânica, infiltração de água no solo, retenção de água, erosão, dentre outros. Por sua vez, os indicadores de sanidade permitem avaliar características como aparência da cultura, nível de incidência de doenças, sistemas de manejo, diversidade genética, desenvolvimento das raízes, competição com plantas invasoras, rendimento da cultura, dentre outros. Os indicadores químicos da qualidade do solo, permite a comparação de sistemas de produção e áreas de produção de uma propriedade (Doran; Parkin, 1994; Magdoff; Van Es, 2009; Gliessman, 2015; Bünemann et al., 2018).

Em estudo realizado na Costa Rica e na Califórnia, Altieri e Nicholls (2002) e Nicholls et al. (2004), propuseram metodologias simples e práticas para então avaliar a sustentabilidade dos sistemas de produção, baseadas em indicadores de qualidade do solo e da sanidade do cultivo. Os autores supracitados puderam concluir que o uso dos indicadores de sustentabilidade melhorou de forma significativa a produtividade da cultura, visto que, o uso do esterco pode ser utilizado como fertilizante ou insumo para preparações foliares fermentadas. Além disso, a utilização de cercas vivas reduz os índices de pragas e doenças, o uso de cobertura do solo aumenta atividade biológica e edáfica do solo, otimizando o desenvolvimento radicular, dentre outros benefícios. Com isso, a hipótese deste trabalho é que os indicadores de qualidade do solo e da sanidade do cultivo são ferramentas úteis para orientar o sistema de produção, visando aumentar a produtividade e a sustentabilidade do cultivo da cultura.

Apesar da importância da produção de banana para o Cariri cearense, são escassos os estudos relacionados aos indicadores da sustentabilidade dos cultivos e aos indicadores químicos da qualidade dos solos. Diante disso, objetivou-se com esse estudo caracterizar o sistema de produção de banana do Cariri Cearense, por meio de indicadores de sustentabilidade da produção e os indicadores químicos de qualidade do solo, a fim de obter um diagnóstico rápido da sustentabilidade da produção de bananas.

Material e métodos

Local de estudo

O estudo foi realizado no período de novembro de 2020 a março de 2021, em oito campos comerciais localizados na fazenda Sítio Terra Verde (7°19'51"S e 39°10'22"W), situados no distrito Sítio Missão Nova, no município de Missão Velha (Figura 1), na região do Cariri do Estado do Ceará. A região tem clima tropical quente ameno, semiárido, com pluviosidade média de 987,3 mm e temperatura média entre 24°C e 26°C, com período chuvoso entre janeiro e abril. O relevo é classificado como Chapada do Araripe e Depressões Sertanejas, com solos dos tipos Aluviais, Litólicos, Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo (IPECE, 2018b). Os oito campos possuíam cultivos de bananeira (cv. Prata) com idade de três anos (Figura 2) e foram irrigados por meio de um sistema de microaspersão (Tabela 1).

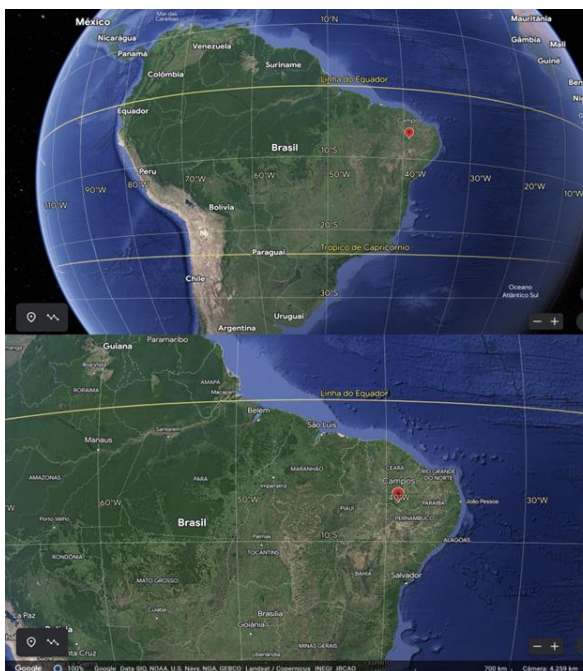


Figura 1 – Localização da região do Brasil com destaque para o Cariri Cearense. Fonte: Google Earth (2023).



Figura 1 – Disposição dos oito campos (C1 a C8) analisados em sistema de produção da *Musa* spp. no Cariri cearense, Brasil. Fonte: Google Earth (2023).

Tabela 1 – Tamanho dos campos analisados em sistema de produção da *Musa* spp. no Cariri cearense, Brasil. Fonte: Autora (2021).

Campos	Área (ha)
C-1	1,3
C-2	1,7
C-3	1,9
C-4	1,9
C-5	1,9
C-6	1,9
C-7	1,8
C-8	1,8

C= Campos.

Caracterização do sistema de produção

O sistema de produção foi caracterizado em relação às tecnologias adotadas no campo, na pós-colheita e durante a comercialização. Para isso, foi realizada uma entrevista com o gerente dos campos comerciais, abordando as seguintes questões: espaçamento entre plantas, origem das mudas, tratamento das mudas, realização de análise do solo, adubação de fundação, uso de adubação química, uso de adubação orgânica, produção de composto orgânico, controle populacional de plantas (gerações/cova), realização de desfolha, manejo da irrigação, manejo de plantas invasoras, ensacamento dos cachos no campo, uso do manejo integrado de pragas, controle da Sigatoka amarela (*Mycosphaerella musicola* Leach), classificação dos frutos na pós-colheita e comercialização da produção. Adicionalmente, foram obtidas algumas informações de cada campo, como densidade de plantio, produtividade e porcentagem média da classificação dos frutos (primeira e segunda) na pós-colheita.

Diagnóstico da sustentabilidade da produção

Para avaliar a qualidade do solo e a sanidade do cultivo, foram selecionados cinco pontos de amostragem em cada campo, distribuídos em forma de zigue-zague e separados por 50 metros. Em cada ponto, foi coletada uma amostra de solo a 30 cm da planta mãe, que foi analisada quanto aos indicadores de qualidade do solo. Além disso, foi observada a área ao redor do ponto de amostragem para verificar os indicadores de sanidade do cultivo.

Para essas análises foi usada a metodologia adaptada de Altieri e Nicholls (2002), Nicholls et al. (2004) e Machado e Vidal (2006), na qual são atribuídos valores de 1 a 10 para cada indicador analisado, sendo 1 o valor menos desejável (mínima sustentabilidade), 5 um valor intermediário (sustentabilidade intermediária) e 10 o valor mais desejável (máxima sustentabilidade).

Na avaliação dos indicadores de qualidade do solo foram atribuídos valores conforme indicado na Tabela 2 e as seguintes metodologias (Figura 3):

- Estrutura do solo: coleta de uma amostra de solo e distribuição na palma da mão para observar a existência de agregados (torrões).
- Compactação do solo: inserção de uma régua de metal milimetrada no solo, para observar a distância de penetração (cm) sem a necessidade de força excessiva.

- Profundidade do solo: abertura de pequena trincheira no solo e verificação da profundidade da camada arável (solo solto).
- Infiltração de água no solo: distribuição de 150 mL de água na superfície do solo, com a utilização de uma garrafa PET, sendo observado o tempo demandado para infiltração no solo, resultando nas classificações de lenta (mais de 2 minutos), média (entre 1 e 2 minutos) e rápida (até 1 minuto).
- Estado de resíduos no solo: observação dos estágios de decomposição dos resíduos da bananeira na área circundante ao ponto de amostragem.
- Cor, odor e matéria orgânica do solo: coleta de uma amostra de solo e distribuição na palma da bananeira na área circundante ao ponto de amostragem. mão para observar a cor do solo, o odor e a presença de matéria orgânica.
- Cobertura do solo: observação da situação da cobertura do solo com resíduos ou cobertura viva na área circundante ao ponto de amostragem.
- Erosão do solo: observação de sinais de erosão na área próxima ao ponto de amostragem.
- Presença de minhoca: delimitação de uma área de 20 x 20 cm na superfície do solo e coleta cuidadosa do solo na profundidade de 20 cm, para verificação do número de minhocas presentes na amostra.
- Atividade microbológica no solo: coleta de uma amostra de solo e distribuição de pequena porção (≈ 50 g) em uma bandeja plástica, ao lado de amostras de dois solos de referência, um com elevado nível de matéria orgânica e com baixo nível de matéria orgânica. Em seguida, distribuição de pequena quantidade de peróxido de hidrogênio nas amostras dos solos para observar a efervescência (quantidade de bolhas produzidas).



Figura 2 – Análise da qualidade do solo em sistema de produção da Musa spp. no Cariri cearense, Brasil.
Fonte: Autora (2021).

Tabela 2 – Indicadores de qualidade do solo do sistema de produção da *Musa* spp. no Cariri cearense, Brasil. Autora (2021).

Indicador	Valor	Características
Estrutura do solo	1	Solo solto, empoeirado e sem agregados visíveis
	5	Solo com poucos agregados que quebram com pouca pressão
	10	Solo com agregados bem formados, difíceis de serem quebrados
Compactação do solo	1	Solo compactado, a régua metálica (30cm) tem pouca penetração (até 5cm)
	5	Fina camada compactada, a régua metálica (30cm) tem boa penetração (até 15cm)
	10	Sem compactação, a régua metálica (30cm) penetra completamente
Profundidade do solo	1	Camada arável do solo < 10 cm
	5	Camada arável do solo entre 10 e 30 cm
	10	Camada arável do solo > 30 cm
Infiltração do solo	1	Infiltração lenta de água no solo (mais de 2 minutos)
	5	Infiltração média de água no solo (entre 1 e 2 minutos)
	10	Infiltração rápida de água no solo (até 1 minuto)
Estado de resíduos no solo	1	Presença de resíduos orgânicos com lenta decomposição
	5	Presença de resíduos em decomposição há pelo menos um ano
	10	Resíduos em vários estágios de decomposição, muitos bem decompostos
Cor, odor e MO no solo	1	Solo de cor pálida, com odor químico e não se nota presença de matéria orgânica ou húmus
	5	Solo marrom-claro, sem odor, com alguma matéria orgânica ou húmus
	10	Solo marrom, marrom-escuro ou preto, com odor de terra fresca, abundante presença de matéria orgânica e húmus
Cobertura do solo	1	Solo descoberto
	5	Menos de 50% do solo coberto por resíduos ou cobertura viva
	10	Mais de 50% do solo coberto por resíduos ou cobertura viva
Erosão do solo	1	Erosão severa, nota-se arraste de solo e presença de valos
	5	Erosão evidente, mas pouco significativa
	10	Ausência de sinais significativos de erosão
Presença de minhocas	1	Ausência de minhocas
	5	Poucas minhocas no solo, até 2 minhocas/amostra
	10	Presença abundante de minhocas no solo, mais de 10 minhocas
Atividade microbiológica no solo	1	Muita pouca efervescência no solo após aplicação de peróxido de hidrogênio
	5	Efervescência leve a média no solo após aplicação de peróxido de hidrogênio
	10	Efervescência abundante no solo após aplicação de peróxido de hidrogênio

Na avaliação dos indicadores de sanidade do cultivo foram atribuídos valores conforme indicado na Tabela 3 e com base nas metodologias (Figura 4):

- Aparência da cultura: observação de 20 plantas em relação à ocorrência de sintomas de deficiência

nutricional, como clorose e descoloração da folhagem.

- Crescimento da cultura: observação de 20 plantas em relação ao padrão de crescimento das plantas, uniformidade do tamanho e abundância de folhagem.

- Desenvolvimento das raízes: observação de 5 plantas em relação ao desenvolvimento das raízes, pela abertura de pequena trincheira próxima à planta mãe e observação dos tipos, aspectos e sanidade das raízes.
- Diversidade natural circundante: observação da área de produção como um todo, para verificação da intensidade que a mesma é circundada por vegetação natural.
- Incidência de Sigatoka amarela: observação de 20 plantas em torno do ponto de amostragem para

avaliação da porcentagem de plantas com folhas apresentando sintomas da doença.

- Incidência de Mal do Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense): observação de 50 plantas em torno do ponto de amostragem para avaliação da porcentagem de plantas com sintomas da doença.
- Dano causado por ácaros: observação de 10 plantas e 5 folhas basais por planta para avaliação da porcentagem folhas danificadas por ácaros.

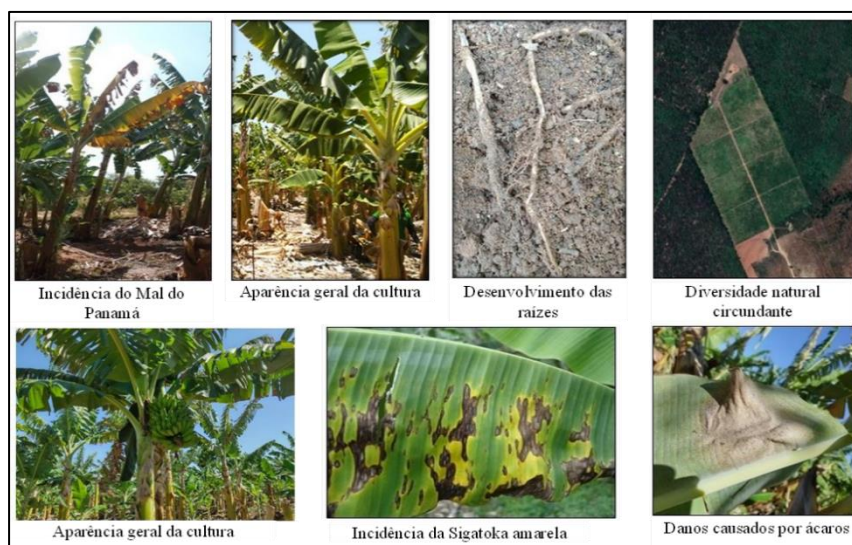


Figura 4 – Análise da sanidade em sistema de produção da Musa spp. no Cariri cearense, Brasil. Fonte: Autora (2021).

- Competição com plantas invasoras: observação da intensidade de infestação das plantas invasoras próximo às plantas de bananeira e de ocorrência de indicativos de estresse das plantas de bananeira devido à competição com as plantas invasoras.
- A avaliação dos demais indicadores de sanidade os cultivos (diversidade vegetal, diversidade genética, sistema de manejo, dependência de insumos externos e aporte de nutrientes) foi realizada entrevistas com proprietário e o responsável técnico da propriedade.

Uma vez atribuídos os valores a cada indicador de qualidade do solo e da sanidade do cultivo em cada ponto de amostragem, esses valores foram somados e divididos pelo número de pontos de amostragem no campo, obtendo-se um valor médio de cada indicador. Campos com valores inferiores a 5 foram consideradas abaixo do limite de sustentabilidade e, portanto, necessitam de gestão para corrigir os indicadores (Altieri;

Nicholls, 2002, Nicholls et al., 2004). Adicionalmente, foi efetuada a análise correlação de Pearson para verificar o nível de relação da produtividade de frutos de banana nos campos (t ha⁻¹ ano⁻¹) com os valores dos indicadores da qualidade do solo e da sanidade do cultivo, aos níveis de 1% ($P < 0,01$) e 5% ($P < 0,05$) de probabilidade, com o auxílio do programa Statistix v. 9.0 (Analytical Software, Tallahassee, EUA).

Análises dos atributos químicos dos solos

Em cada campo foram definidos 25 pontos de amostragem, selecionados pelo caminho em zigue-zague. Em cada ponto de amostragem, localizado a cerca de 30 cm da planta mãe, foi efetuada a coleta de uma amostra deformada de solo na profundidade de 0-20 cm, com cerca de 200 g. As amostras simples foram reunidas e dessa foi retirada uma amostra composta de 500g. Essas amostras foram colocadas em local seco e ventilado para que fosse dessecada ao ar e

colocados em sacos plásticos com etiquetas de identificação. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Química Ambiental de Solos do Departamento da Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco. As amostras de solo foram protocoladas e acondicionadas em bandejas, onde foram espalhadas e destorroadas. As bandejas foram colocadas em local ventilado e seco para a completa dessecação ao ar. Após a secagem, o solo foi peneirado (malha de 2 mm), e o material peneirado depositado em sacos plásticos com etiquetas identificadoras das amostras.

As amostras de solo foram analisadas em relação aos teores MO, pH, Al^{3+} , $H+Al$, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ , conforme os procedimentos recomendados por Teixeira et al. (2017). A quantificação da MO foi determinada a partir do processo de combustão com aquecimento à 600°C, obtendo o valor pela diferença entre a massa do solo seco em estufa e a massa do resíduo obtido após a incineração em mufla. Para determinação do pH foi utilizado o método de extração em água destilada, na proporção de 1:2,5 através da imersão de um eletrodo na solução homogeneizada. O Al^{3+} foi extraído com solução de KCl 1,0 mol L⁻¹ e determinado por titulação volumétrica com solução de NaOH (0,0125 mol L⁻¹) na presença do indicador azul de bromotimol. O $H+Al$ foi extraído com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, sendo determinado por titulação com NaOH (0,025 mol L⁻¹) em presença de fenolftaleína como indicador. As extrações de P, K^+ e Na^+ foram realizadas como extractor Mehlich-1, sendo feito a leitura de P no espectrofotômetro de absorção atômica com um comprimento de onda de 660 nm e as leituras de K^+ em fotômetro de chamas calibrado para 20 ppm. Os cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados por complexometria extraídos com solução de KCl 1,0 mol L⁻¹, sendo determinado por titulação com solução padronizada de EDTA (0,0125 mol L⁻¹) e negro de eriocromo T como indicador.

Os dados das análises químicas foram usados para o calculado das relações K/Mg e Ca/Mg, bem como SB, CTC e V%, a partir das seguintes fórmulas (Teixeira et al., 2017):

$$K/Mg = K/Mg$$

$$K/Mg = SB = K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na$$

$$CTC = K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + (H+Al) \text{ ou } T = SB + (H+Al)$$

$$V (\%) = (SB / T) \times 100$$

Os valores de MO, pH, Al, $H+Al$, P, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K/Mg, Ca/Mg, SB, CTC e V% obtidos nesse estudo foram classificados nos

níveis muito baixos, baixo, médio e alto, conforme descrito na Tabela 1. Os valores foram analisados por meio de estatística descritiva e os resultados foram confrontados com dados da literatura.

Resultados e discussão

Caracterização do sistema de produção

A produção média da bananeira no Cariri Cearense com três anos de idade e suas principais características são apresentadas na Tabela 3. No geral, constatou-se que, devido à falta de assistência técnica (Tabela 4), não foram realizados vários procedimentos na implantação do bananal, como análise de solo, correção do pH e adubação de fundação, considerados de extrema importância para o cultivo racional da bananeira (Borges et al., 2016). Cabe salientar que a análise de solo é a forma mais simples, econômica e eficiente da diagnose da fertilidade das terras e constitui uma base imprescindível para a recomendação de quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes para aumentar a produtividade das culturas e, como consequência a produção e a lucratividade das lavouras (Prado, 2018).

As mudas de bananeira obtidas de pequenos (Tabela 4) produtores da região não exibem um padrão comercial e não possui tratamentos específicos que garantam qualidade e vigor às plantas, constituindo assim, uma prática de alto risco. As plantas propagadas pelo método tradicional possuem baixa taxa de multiplicação, além de resultar em mudas desuniformes, dificultando o manejo do pomar, e podendo ainda se constituir em um mecanismo de disseminação de doenças e pragas, tais como Mal-do-panamá, Moko, podridão-mole, vírus, nematoides e brocas (Santos-Serejo et al., 2016).

O ideal é que as mudas sejam originárias de viveiros com áreas estabelecidas com a finalidade exclusiva de produção de mudas de boa qualidade. As mudas a serem propagadas devem ser originadas de filhos de alta vitalidade e de aparência normal. Além disso, as mudas precisam ser preparadas adequadamente pelo descortinamento e sanitização (Alves et al., 2016). O uso de mudas micro propagadas é um método eficaz, com produção certificada e confiável. A micropropagação de bananeira envolve o cultivo, em condições assépticas, de explantes de ápices caulinares. A partir de uma única

Tabela 3 – Indicadores de sanidade aplicados na avaliação de sistema de produção da *Musa* spp. no Cariri cearense, Brasil.

Indicador	Valor	Características
Aparência da cultura	1	Plantas cloróticas, folhagem descolorida com sinais de deficiência nutricional
	5	Folhagem verde-clara, com alguma perda de pigmentação
	10	Folhagem verde-escura, sem sinais de deficiência
Crescimento da cultura	1	Padrão desigual, crescimento novo limitado
	5	Padrão mais denso, porém, não uniforme
	10	Folhagem e ramos em abundância e crescimento vigoroso
Desenvolvimento das raízes	1	Raízes pouco desenvolvidas, doentes e curtas
	5	Raízes com crescimento limitado, algumas raízes finas são vistas
	10	Raízes com bom crescimento, saudáveis e profundas
Diversidade vegetal	1	Monocultura
	5	Presença desigual de plantas de cobertura ou presença de algumas plantas invasoras
	10	Formação densa de plantas de cobertura e presença de algumas plantas invasoras sem competir com a cultura
Diversidade genética	1	Pobre, domina uma única espécie
	5	Média, são cultivadas duas variedades
	10	Alta, são cultivadas mais de duas variedades
Diversidade circundante	1	Circundado por outras culturas ou sem vegetação natural
	5	Vegetação natural adjacente em pelo menos um dos lados
	10	Circundando por vegetação natural em pelo menos dois lados
Sistema de manejo	1	Convencional, monocultura, manejo com agroquímicos
	5	Em transição para orgânico ou agroecológico, com substituição de insumos
	10	Orgânico diversificado ou agroecológico, com pouco uso de insumos orgânicos ou biológicos externos
Dependência de insumos externos	1	Alto uso de insumos externos
	5	Dependência equilibrada de insumos
	10	Com baixo uso de insumos externos
Aporte de nutrientes	1	Área sem aplicação de adubo
	5	Área com aplicação de adubo anualmente
	10	Área com aplicação de adubo frequente
Incidência de Sigatoka amarela	1	Mais de 50% das plantas com sintomas
	5	Entre 20-40% das plantas com sintomas
	10	Menos de 10% das plantas com sintomas
Incidência do Mal do Panamá	1	Mais de 50% das plantas com sintomas
	5	Entre 20-40% das plantas com sintomas
	10	Menos de 10% das plantas com sintomas
Danos causados por ácaros	1	Mais de 50% das folhas danificadas
	5	Entre 20-40% das folhas danificadas
	10	Menos de 10% das folhas danificadas
Competição com plantas invasoras	1	Plantas estressadas, pela presença invasora
	5	Presença média de invasoras, nível de competição
	10	Plantas vigorosas suprimindo invasoras

gema, podem ser obtidas centenas de mudas com fidelidade do genótipo, em poucas gerações. Essa metodologia permite a produção *in vitro* em larga escala, seguida da aclimatização em casa de vegetação, possibilitando a obtenção de material livre de pragas e doenças. Apesar das vantagens principalmente quanto à sanidade e garantia de qualidade, o custo das mudas micro propagadas deve ser considerado, pois o preço de uma muda de rizoma é cerca de R\$ 0,50, enquanto de uma muda micro propagada custa cerca de R\$ 2,50 (Santos-Serejo et al., 2016).

Contatou-se que, o espaçamento das plantas de bananeira é inferior ao indicado para a cultivar Prata, resultando em densidade média de plantio superior a 1.500 plantas ha⁻¹ (Tabela 5). Para o cultivo dessa cultivar com dois seguidores (filho e neto), são recomendadas as densidades de 1.111 plantas ha⁻¹ a 1.250 plantas ha⁻¹, pois são plantas de grande porte que provocam sombreamento excessivo em plantios mais adensados, resultando em competição entre plantas e menor produtividade (Alves et al., 2016).

Embora não tenham sido adotados os procedimentos adequados na implantação do bananal, após a instalação as plantas receberam a aplicação de fertilizantes químicos e adubo orgânico. Na adubação química foram utilizadas as formulações comerciais Titanium Sollus NPK (N 20%, P2O5 05% e K2O 20%), Titanium Completo (N 5%, P2O5 8%, K2O 5%, Ca 0,6%, Mg 0,04%, B 0,04%, Cu 0,05%, Mn 0,5%, Zn 1% e aminoácido 14%) e Titanium Sollus Pastertec (S 25% e Ca 10%) (Solo Rico Agrociências, São José do Rio Preto – SP), em três aplicações sucessivas com intervalo entre 15 e 20 dias. No entanto, a aplicação foi efetuada intuitivamente, sem a realização prévia de análise do solo e de análise foliar para verificar as concentrações dos macros e micronutrientes no solo e os aspectos nutricionais da planta, o que auxilia na decisão sobre os elementos minerais necessários, as dosagens e o número de aplicações (Borges et al., 2016).

Na adubação orgânica foi utilizado esterco adquirido de fonte externa à propriedade e aplicado nas brotações-guia com média de 8 L cova-1 ano-1. Além disso, era realizada a distribuição dos restos culturais da planta nos campos, servindo como fonte de matéria orgânica. Na propriedade não era realizada a produção de composto orgânico, com a

utilização do mangará e outros componentes, como ocorre em grandes propriedades produtoras de banana na região (Nascimento, 2021), o que poderia ser uma fonte contínua de matéria orgânica para as áreas cultivadas.

Tabela 4 – Características do sistema de produção da *Musa* spp. no Cariri cearense, Brasil. Fonte: Autora (2021).

Características	Descrição
Assistência técnica pública	Não
Assistência técnica privada	Não
Análise do solo	Não
Adubação de fundação	Não
Origem das mudas	Pequenos produtores da região
Tratamento das mudas	Não
Espaçamento entre plantas	2 x 2 m
Adubação química durante o ano	Sim
Adubação orgânica	Sim
Produção de composto orgânico	Não
Controle populacional de plantas (gerações/cova)	Não
Desfolha	Sim
Manejo da irrigação	Sim
Manejo de plantas invasoras	Esporadicamente
Ensacamento dos cachos no campo	Não
Manejo integrado de pragas	Não
Controle da Sigatoka amarela	No período das chuvas
Classificação dos frutos na pós-colheita	Sim
Comercialização da produção	Atravessador

Os tratos culturais são as principais exigências da cultura da bananeira para manifestar o seu potencial de produção, produtividade e rentabilidade. Estes, devem ser realizados na forma adequada e na época certa. Os principais tratos culturais da banana Prata são: desbaste, desfolha, manejo de plantas infestantes, ensacamento do cacho e corte do pseudocaule após colheita (Alves et al., 2016). Porém, os tratos culturais não eram realizados da forma correta e nem mesmo na época

adequada, devido à falta de assistência técnica e ao número reduzido de funcionários para atender à

demanda do sistema produtivo dessa fazenda.

Tabela 5 – Densidade de plantio e produtividade dos frutos dos oito campos do sistema de produção da *Musa spp.* no Cariri cearense, Brasil. Fonte: Autora (2021).

Campos	Densidade de plantio (plantas ha ⁻¹)	Produtividade (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)
C-1	1.410	5,8
C-2	1.410	4,2
C-3	1.598	3,7
C-4	1.598	2,7
C-5	1.598	7,3
C-6	1.598	11,6
C-7	1.598	11,4
C-8	1.598	16,2
Média	1.551	7,9

O controle populacional de plantas, principalmente em relação ao número recomendado de três gerações (mãe, uma filha e uma neta) por cova, não era realizado, sendo observadas covas sem desbaste, com até seis a oito gerações. O desbaste tem como principais objetivos: a) manter o número de plantas por hectare, de forma que não afete a qualidade do fruto; b) manter o padrão e o tamanho do cacho; c) incrementar os ciclos produtivos; d) manter o alinhamento do bananal por alguns anos; e) regular a produção e o momento da colheita; e) prolongar a vida útil do bananal; permitir melhor uso de máquinas e equipamentos; e f) aumentar os rendimentos. É recomendado que este procedimento seja feito quando as filhas atingirem a altura de 20 a 30 cm, tomando-se o cuidado de proceder a eliminação total da gema apical de crescimento, para evitar a possibilidade de rebrotarem (Alves et al., 2016).

Os tratos culturais começaram a ser realizados com mais frequência nos últimos seis meses, principalmente a desfolha e o manejo de plantas invasoras, sendo que a desfolha era realizada a cada 30 dias. A prática da desfolha consiste na eliminação de folhas secas e, portanto, mortas, partes de folhas com sintomas de Sigatoka, folhas totalmente amarelas e folhas que deformem ou firam os frutos, bem como daquelas que, mesmo estando verdes ou parcialmente verdes, apresentam o pecíolo quebrado. É feita com os propósitos de: livrar a planta das folhas cuja atividade fotossintética não atenda às suas exigências fisiológicas; permitir melhor arejamento e luminosidade do bananal; acelerar o desenvolvimento dos filhos; controlar pragas e doenças que utilizam ou requerem as folhas como

refúgio ou fonte potencial de inóculo; e acelerar o processo de melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, por meio da incorporação de maior quantidade de matéria orgânica (Alves et al., 2016).

A irrigação era realizada duas vezes ao dia, nos turnos da manhã e da noite, pelo método de microaspersão. No entanto, não havia um controle rigoroso da irrigação, para que as plantas recebam a quantidade de água necessária e não sofram déficit hídrico, bem como desperdícios de água sejam evitados. Cabe salientar que em muitas situações os produtores adquirem os sistemas de irrigação e recebem apenas informações sobre o tempo e a frequência de irrigação. Essas informações, no entanto, não consideram as diferentes fases da cultura ao longo do seu ciclo, o que pode levar a reposições de água no solo acima de sua necessidade real, ocasionando reduções na eficiência da irrigação. A bananeira, pelo fato de ser uma cultura exigente em água, induz aos produtores a preocupação de manter o solo com umidade elevada, o que implica em perdas de água, principalmente por percolação profunda. Além do desperdício de água e energia, o excesso de aplicação de água pode afetar negativamente tanto a produtividade quanto a qualidade das frutas produzidas. O excesso de irrigação favorece ainda perdas de nutrientes por lixiviação e pode favorecer várias doenças (Coelho; Silva, 2016).

O manejo das plantas invasoras era realizado esporadicamente devido à deficiência de mão-de-obra, principalmente por capinas e roçadas. A bananeira é uma planta muito sensível à competição de plantas invasoras por fatores de produção como nutrientes e, principalmente, por água, resultando na redução do vigor e queda da

produção. Apesar da necessidade de limpas constantes, os primeiros cinco meses da instalação são os mais limitantes para a cultura da bananeira, requerendo cinco a seis capinas. As plantas invasoras podem ser manejadas através de roçadas, permitindo que sejam utilizadas como fonte de alimento e como abrigo de inimigos naturais de pragas e doenças, favorecendo o manejo ecológico. Apesar disso, não deve ser descartada a possibilidade de algumas plantas invasoras servirem, também, como hospedeiras de nematoides e de agentes causais de doenças, sendo necessária a identificação correta das espécies invasoras, evitando sua convivência com a cultura da bananeira (Alves et al., 2016).

O ensacamento dos cachos não era realizado, justificado pela baixa produção e destino dos frutos para mercado pouco exigente. O ensacamento dos cachos da bananeira é uma prática realizada quando o objetivo da produção é a obtenção de bananas com alto padrão de qualidade. O processo mais comum consiste em ensacar o cacho quando este já tiver emitido a última bráctea feminina, ou seja, quando a última “mão” verdadeira apresentar os “dedos” voltados para cima, o que geralmente ocorre duas semanas (14 dias) após a emissão da última penca, em condições climáticas normais. Antes de colocar o saco, deve ser eliminada a raquis masculina e, geralmente, até as duas últimas pencas (Alves et al., 2016). O ensacamento dos cachos apresenta as seguintes vantagens: a) proporciona velocidade de crescimento dos frutos, ao manter em torno dos mesmos uma temperatura mais alta e constante; b) evita o ataque de pragas como abelhas arapuá, *Trips* sp.; c) melhora visivelmente a qualidade do fruto, ao reduzir os danos provocados por atritos na superfície da mesma, em consequência da fricção com folhas e do processo de corte e manejo do cacho; e d) protege os frutos do efeito abrasivo de defensivos utilizados no controle da Sigatoka. Além disso, o ensacamento do cacho propicia a redução do intervalo florescimento-colheita, aumento do tamanho e diâmetro dos “dedos”, bem como do peso do cacho (Alves et al., 2016).

Nos campos das bananeiras não se adotavam o manejo integrado de pragas, embora houvesse sinais da presença e/ou danos de pragas como ácaros, cochonilhas, lagartas e moleque da bananeira. O controle das mesmas era realizado intuitivamente, quando considerado que o momento fosse adequado. As pragas causam grandes prejuízos no bananal, sendo fundamental o monitoramento periódico para detecção dos níveis

de danos e a adoção do manejo integrado, o que evita perdas significativas de rendimento e reduz os custos com a utilização de inseticidas (Fancelli et al., 2016).

O controle da Sigatoka amarela era realizado somente no período das chuvas, quando houvesse a presença de sintomas. A Sigatoka amarela causada pelo fungo *Pseudocercospora musae* (Zimm.) Deighton (forma perfeita *Mycosphaerella musicola* R. Leach ex J.L. Mulder), é uma importante doença da bananeira, pois com elevada severidade causa a destruição da área foliar, com redução nos níveis fotossintéticos e, por consequência, na capacidade produtiva das plantas (Cordeiro et al., 2016). Essa doença causa elevados prejuízos na produção de banana no Cariri cearense, principalmente no período chuvoso (Nascimento, 2021). O cultivo de variedades suscetíveis à Sigatoka amarela, como a Prata, torna a aplicação de fungicidas uma prática indispensável no controle da doença. Assim, o uso sistemático de produtos químicos, além de aumentar o custo de produção, constitui prática agressiva ao meio ambiente e ao ser humano, podendo ainda selecionar formas resistentes do patógeno. O uso de sistemas de alerta para a Sigatoka amarela permite um controle químico racional, estabelecendo quando e com que frequência as pulverizações deverão ser realizadas. Os métodos de previsão se baseiam na interação entre o estágio de desenvolvimento da folha vela e a severidade da doença nas folhas mais novas, tornando-se uma alternativa importante na racionalização do uso de fungicidas (Fancelli et al., 2016). As grandes propriedades produtoras de banana do Cariri cearense utilizam tecnologias modernas para o manejo da Sigatoka amarela, incluindo sistemas de previsão da doença (Nascimento, 2021).

As bananas colhidas nos campos eram classificadas na pós-colheita como frutos de primeira e de segunda, de acordo com o seu peso. A classificação permite uma padronização do produto, baseado no diâmetro do fruto, coloração da casca e maturação, entre outras características. Com isso, a qualidade do produto se baseia em normas e padrões pré-estabelecidos em função das exigências do mercado (Lichtemberg et al., 2016). Na média, 53,8% dos frutos colhidos eram classificados como de primeira, sendo que nos campos C-6 a C-8 os valores variaram de 77,6% a 79,8%. Por outro lado, nos campos C-3 e C-4 os frutos classificados como de segunda predominaram, com valores de 82,3% e 84,7%,

respectivamente (Tabela 6). A porcentagem de frutos classificados como de primeira é baixa quando comparada ao observado em nível nacional (Lichtemberg et al., 2016), indicando que o estabelecimento tem limitações que impossibilitam a produção de frutos de melhor qualidade.

A produtividade média de banana foi de $8 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tabela 6). Em um estudo de análise de risco da produção de banana no município de Missão Velha, no qual foram coletadas informações junto a 27 pequenos produtores no ano agrícola de 2016, foi constatada a produtividade média de $9,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Campos et al., 2020). Segundo os autores, a maioria dos produtores produziu abaixo do ponto de nivelamento de rendimento (PNR), medida que determina a produção que o estabelecimento precisa manter para cobrir todos os seus custos de produção para determinado preço de venda. É importante salientar que cinco dos oito campos apresentaram produtividade entre $2,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $7,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tabela 6), indicando uma baixa rentabilidade do empreendimento e a ocorrência de prejuízo. Nesse contexto, para manter a viabilidade econômica do empreendimento, a alternativa mais adequada é o abandono dos campos C-1 a C-4, cujas produtividades são inferiores a $6 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Pelo exposto, três aspectos importantes podem ser destacados entre os vários listados e comentados: assistência técnica recebida, tecnologias adotadas e comercialização da produção. Os campos não dispõem de assistência técnica, adota um baixo nível de tecnologia e comercializa a produção para atravessadores. Portanto, fica evidente a falta de apoio governamental às propriedades de nível familiar, que não dispõem de recursos financeiros para contratarem assistência técnica especializada, na maioria das vezes não utilizam as tecnologias de produção mais adequadas e que possibilitem agregação de valor aos produtos, bem como não dispõem de canais de comercialização adequados, sendo reféns de atravessadores e obtendo valores muito reduzidos pelos produtos (Nascimento, 2021). A falta de assistência técnica e de canais de comercialização adequados foram destacados previamente como os principais entraves para a sustentabilidade econômica da produção de banana em Missão Velha, sendo recomendado o fortalecimento de associações e cooperativas na comercialização dos produtos buscando melhores preços de venda e eficiência produtiva na região (Campos et al., 2020).

Diagnóstico da sustentabilidade da produção

Este é o primeiro estudo sobre a sustentabilidade do cultivo de bananeira em uma propriedade inteira no Cariri cearense, baseado em indicadores de qualidade do solo e da sanidade do cultivo.

Indicadores de qualidade do solo

Quando considerada a qualidade do solo, os valores médios atribuídos à estrutura do solo nos campos variaram de 4,6 a 7,0 (Tabela 7). Os campos C-1 e C-2 apresentaram valores abaixo do nível crítico de sustentabilidade (5,0) para esse indicador, indicando que os solos possuem poucos agregados e quebram com pouca pressão. A formação de agregados surge, principalmente, da atividade dos microrganismos e do sistema radicular, secretando as substâncias que atuam unindo as partículas do solo. O manejo adequado do solo é de suma importância para manter a estabilidade dos agregados, bem como a conservação da estruturação do solo, resultando na maior disponibilidade de água e ar para as raízes (Stefanoski et al., 2013).

As variações entre os campos foram ainda maiores em relação à compactação do solo e profundidade do solo (Tabela 7). Os valores de compactação foram de 3,8 a 7,6, sendo que os campos C-1, C-2, C-6, C-7 e C-8 apresentaram valores abaixo do nível crítico de sustentabilidade para esse indicador. A compactação de solos é um dos principais desafios da agricultura, trazendo sérios problemas ao desenvolvimento das culturas e, também causando prejuízos financeiros. A compactação é definida como o adensamento das partículas de solo e procede de vários fatores, como o pisoteio de animais e peso excessivo por eixos de máquinas (Menezes et al., 2020). A compactação aumenta a resistência do solo à penetração das raízes e reduz da macroporosidade, comprometendo a infiltração de água e a penetração das raízes no perfil do solo, resultando em problemas no estabelecimento e no crescimento das raízes (Schmidt, 2022). Para redução da compactação do solo em área cultivadas com bananeira é recomendado alternar o tipo de implemento empregado e a profundidade de trabalho, trabalhar o solo em condições adequadas de umidade e conservar o máximo de resíduos vegetais sobre a superfície do terreno (Souza et al., 2016).

Tabela 7 – Indicadores da qualidade do solo dos oito campos do sistema de produção da *Musa spp.* no Cariri cearense, Brasil.

Indicador	Campo / Valor atribuído ^a							
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8
Estrutura do solo	4,8	4,6	6,8	6,2	6,2	5,4	6,6	7,0
Compactação do solo	3,8	4,4	6,2	6,2	7,6	4,6	4,8	4,0
Profundidade do solo	2,8	1,8	6,6	2,6	4,2	2,6	2,6	2,2
Infiltração no solo	3,2	5,6	5,4	6,0	7,6	5,0	4,2	5,4
Resíduos no solo	4,6	3,0	5,2	4,2	5,0	4,6	6,0	4,0
Cor, odor e MO no solo	7,6	4,6	5,8	5,8	7,8	5,4	6,0	5,6
Cobertura do solo	8,0	8,2	7,6	6,0	5,0	5,0	4,0	5,4
Erosão do solo	7,6	9,6	7,4	6,8	7,0	8,0	10,0	5,6
Presença de minhocas	1,2	1,4	3,0	2,4	3,2	1,6	1,0	2,0
Atividade microbiológica	3,4	1,8	2,0	2,8	2,2	2,8	2,2	2,8
Média	4,7	4,5	5,6	4,9	5,5	4,5	4,7	4,4

^a Conforme descrito na Tabela 2. Média cinco pontos de amostragem em cada campo. 1 = mínima sustentabilidade (menos desejável), 10 = máxima sustentabilidade (mais desejável). Fonte: Autora (2021).

A avaliação da profundidade do solo nos campos atingiu médias de 1,8 a 6,6, sendo que em seis campos (C-1, C-2, C-4, C-6, C-7 e C-8) os valores foram inferiores a 3,0 e somente um campo (C-3) atingiu valor acima do nível crítico de sustentabilidade (5,0) (Tabela 7). Esses resultados mostram que os solos apresentam baixa profundidade e indicam que esse aspecto é crítico para a sustentabilidade dos cultivos, necessitando de correção. A profundidade do solo tem influência direta na capacidade de armazenamento de água, no estoque de nutrientes e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, além de estar associada a riscos de erosão e suas consequências. Além disso, à medida que a profundidade do solo decresce, aumenta a importância da água como fator limitante da produtividade (Weil; Brady, 2017). As bananeiras apresentam sistema radicular superficial, concentrado nos primeiros 40 cm de profundidade. No entanto, é importante que o solo seja profundo, com mais de 75 cm sem qualquer impedimento (Souza et al., 2016). Solos mais profundos, com cerca de 92 cm, favorecem o acúmulo de P e Ca nas folhas das bananeiras, resultando em maiores altura e diâmetro do pseudocaule e maiores massas foliares e de cachos (Oliveira Neto, 2019). Como a profundidade do solo está intimamente relacionada com os processos pedogenéticos, em que a natureza do solo depende do tempo de exposição ao clima e aos organismos (Weil; Brady, 2017), a maneira prática

de evitar solos com baixa profundidade consiste na seleção da área antes da implantação do bananal.

Apesar da maioria dos campos apresentarem problemas de compactação do solo, a infiltração de água no solo não foi afetada significativamente, pois somente dois campos (C-1 e C-7) não evidenciaram sustentabilidade em relação a esse indicador (Tabela 7). A infiltração é o processo pelo qual a água penetra no perfil do solo e vai determinar o balanço de água na zona das raízes e o deflúvio superficial, responsável pelo fenômeno da erosão durante precipitações pluviais. Condições como porosidade do solo, umidade, atividade biológica, cobertura vegetal, rugosidade superficial e declividade do terreno, dentre outras, influem grandemente na infiltração da água no solo. O conhecimento desse processo e das suas relações com as propriedades do solo é de fundamental importância para o eficiente manejo do solo e da água nos cultivos agrícolas (Vidaletti, 2022).

Metade dos campos (C-1, C-2, 7-4, C-6 e C-8) evidenciaram deficiência em relação ao estado de decomposição dos resíduos, com valores variando entre 3,0 e 4,6 (Tabela 7). A utilização de resíduos orgânicos no solo é tanto para melhorar sua qualidade, como para fornecer nutrientes às plantas e aumentar o estoque de carbono (Moura et al., 2015). Contudo, a decomposição é muito influenciada pelo clima e pelos organismos existentes. A macrofauna atua nas etapas iniciais da decomposição e a microfauna, incluindo os

microrganismos, atua nas etapas subsequentes e na reciclagem dos nutrientes. Pelo estado dos resíduos em determinadas situações, é possível inferir sobre quais desses fatores podem estar atuando e/ou limitando esse processo (Machado; Vidal, 2006). A bananeira produz grande quantidade de resíduos, como pseudocaules, folhas, mangarás e restos de cachos, os quais podem facilitar na reciclagem de nutriente no campo (Souza et al., 2016), pois essa fitomassa pode restituir ao solo até dois terços dos nutrientes (Borges et al., 2016).

Quando avaliado a cor, odor e matéria orgânica do solo, os valores nos campos foram de 4,6 a 7,8 e somente o campo C-2 atingiu valor abaixo do nível crítico de sustentabilidade (Tabela 7), evidenciando que a maioria dos campos apresentou bons níveis de sustentabilidade em relação a esse indicador. Grande parte da propriedade apresentou solo de cor marrom ou marrom-escuro, com odor de terra fresca, com presença de matéria orgânica e húmus. Essas características indicam que nos campos foi efetuado o aporte de matéria orgânica nos solos, tais como coberturas vivas e mortas, restos culturais, adubação orgânica com esterco ou compostos (Souza et al., 2016).

Somente um campo (C-7) apresentou valor abaixo do nível crítico de sustentabilidade em relação à cobertura do solo (Tabela 7), indicando que a maioria dos campos apresentaram bons níveis de cobertura do solo. A cobertura do solo proporciona uma grande diversidade, quantidade e proporção de resíduos da parte aérea e raízes das plantas que retornam ao solo, promovendo a ciclagem de nutrientes. Além disso, a cobertura morta aumenta a retenção e o armazenamento de água no solo, ameniza a temperatura do solo e contribui para reduzir os custos de condução do bananal, ao eliminar a necessidade de capinas e ao diminuir a quantidade de fertilizantes utilizada. Muitas vezes, a utilização da cobertura morta tem sido dificultada, pois em razão da decomposição rápida do material orgânico proveniente da bananeira, o volume de resíduos normalmente produzido é insuficiente para uma cobertura total e contínua de toda a área (Souza et al., 2016).

Todos os campos apresentaram boa sustentabilidade em relação à erosão, sendo que somente um campo (C-8) evidenciou valor inferior a 6,8 (Tabela 7). O processo de erosão resulta na degradação física, química e biológica dos solos, sendo que a física ocorre pelo arraste das partículas do solo, pela destruição da estruturação e pela compactação, quando se elimina a cobertura

vegetal ou se realiza um preparo excessivo. À degradação física, seguem-se a química e a biológica, pela perda de nutrientes, de matéria orgânica e de organismos benéficos (Baldassarini; Nunes, 2018). A reduzida ocorrência de erosão do solo na maioria dos campos é decorrente, provavelmente, dos cultivos serem realizados em áreas com topografia plana e apresentarem bons níveis de cobertura do solo com resíduos culturais.

Os valores atribuídos à presença de minhocas nos solos dos campos variaram de 1,0 a 3,2 (Tabela 7), ou seja, todos os campos apresentaram valores abaixo do nível crítico de sustentabilidade em relação a esse indicador, indicando pobreza da macrofauna das áreas. O solo é habitado por inúmeras espécies de invertebrados, incluindo as minhocas. Esses organismos promovem uma variedade de serviços ecossistêmicos, tais como decomposição da matéria orgânica, mineralização de nutrientes, sequestro de carbono, troca e emissão de gases, infiltração de água e agregação e porosidade do solo, dentre outros (Steffen et al., 2013).

A atividade microbiológica no solo apresentou nível muito baixo nos campos, com valores entre 1,8 e 3,4 (Tabela 7). A avaliação qualitativa da atividade microbiológica no solo, com a utilização de peróxido de hidrogênio e observação da efervescência, permite estimar o teor de matéria orgânica e a atividade de microrganismos (Steffen et al., 2013). As atividades microbiológicas no solo podem ser gerais e específicas. As gerais são aquelas provenientes de todos ou quase todos os microrganismos do solo, como a respiração e a produção de calor, apresentando, portanto, valor significativo como índice de atividade total do solo. As específicas são mediadas por grupos específicos como os fixadores de nitrogênio, desnitrificadores, amonificadores, nitrificadores e metanogênicos, entre outros (de Brito Ferreira, 2017).

Quando considerada a média dos indicadores de qualidade do solo, somente dois campos apresentaram valores acima do nível crítico de sustentabilidade (C-3 e C-5), mesmo assim com valores baixos (5,5 e 5,6, respectivamente) (Tabela 7). Esses resultados indicam que quase todos os campos necessitam de ações para melhoria dos indicadores de qualidade do solo, variando nas ações específicas conforme o indicador considerado.

Indicadores da sanidade do cultivo

Quando a aparência geral da cultura, os valores atribuídos nos campos variaram de 1,8 a 7,0, sendo que três campos (C-1, C-2 e C-3) apresentaram valores abaixo do nível crítico de sustentabilidade (Tabela 8). A avaliação da aparência geral da cultura indica o estado nutricional da cultura, possibilitando a identificação visual de possíveis deficiências ou toxicidades (Oliveira Neto, 2019). Diversas plantas nos campos avaliados apresentavam clorose, com folhagem verde-clara e alguma perda de pigmentação, enquanto outras apresentavam redução do crescimento de vários órgãos vegetativos, indicativos de deficiência nutricional (Borges et al., 2016).

Em relação crescimento da cultura, os valores médios nos campos variaram de 1,0 a 8,0,

sendo que cinco campos (C-1, C-2, C-3, C-4 e C-5) apresentaram valores abaixo do nível crítico de sustentabilidade (Tabela 8), indicando a ocorrência de plantas com padrão desigual de crescimento e muitas plantas com desenvolvimento reduzido. Vários fatores podem estar associados a esses fenômenos na cultura da bananeira, mas se destacam possíveis falhas no fornecimento de nutrientes (fertilização do solo) e no controle da irrigação (Souza et al., 2016). No caso dos campos estudados, vários foram os problemas registrados no manejo da cultura, desde a implantação até a condução do bananal, como destacados anteriormente, podem ter contribuído para a reduzida sustentabilidade em relação ao crescimento das plantas.

Tabela 8 – Indicadores da sanidade do cultivo dos oito campos do sistema de produção da *Musa* spp. no Cariri cearense, Brasil. Fonte: Autores (2021).

Indicador	Campo / Valor atribuído ^a							
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8
Aparência da cultura	1,8	1,0	3,2	5,4	6,4	7,0	5,8	6,0
Crescimento da cultura	1,0	1,0	2,4	3,0	5,0	7,0	4,4	8,0
Desenvolvimento das raízes	6,0	3,8	5,4	6,2	6,6	6,0	4,6	4,2
Diversidade vegetal	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Diversidade genética	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Diversidade natural circundante	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sistema de manejo	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Dependência de insumos externos	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Aporte de nutrientes	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0
Incidência da Sigatoka amarela	10	10	10	10	10	10	10	10
Incidência do Mal do Panamá	2,0	2,0	1,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Danos causados por ácaros	1,8	1,0	1,0	2,8	2,2	4,4	5,0	4,0
Competição com plantas invasoras	1,0	1,2	2,0	3,2	5,0	3,6	8,0	8,0
Média	3,0	2,7	3,1	3,7	4,3	4,5	4,5	4,6

^a Conforme descrito na Tabela 3. Média cinco pontos de amostragem em cada campo. 1 = mínima sustentabilidade (menos desejável), 10 = máxima sustentabilidade (mais desejável). Fonte: Autora (2021)

Os valores médios do desenvolvimento das raízes no solo variaram de 3,8 a 6,0 nos campos (Tabela 8), sendo que três destes (C-2, C-7 e C-8) apresentaram valores abaixo do nível crítico para esse indicador, evidenciando a ocorrência de plantas com raízes de crescimento limitado e poucas raízes finas, bem como raízes necrosadas. Nos demais campos, predominaram plantas

apresentando raízes com bom crescimento, saudáveis e profundas, com presença abundante de raízes finas. O conhecimento do desenvolvimento e distribuição do sistema radicular da bananeira é fundamental para o uso racional da água e de fertilizantes, uma vez que as raízes, além de se constituírem como meio de fixação da planta no solo, são a principal via de absorção de água e

nutrientes. A distribuição das raízes da bananeira no perfil do solo é influenciada por vários fatores, como presença de horizontes compactados, nível do lençol freático, estado nutricional dos cultivos e manejo dos solos (Donato et al., 2016).

Os indicadores diversidade vegetal, diversidade genética, diversidade natural circundante e sistema de manejo não apresentaram variações em seus valores médios, independente do campo considerado. Todos os campos propriedades apresentaram o valor mínimo (1,0) (Tabela 8), ou seja, sem nenhuma sustentabilidade para os diferentes indicadores. Esse resultado é compreensível, pois os campos estudados adotam o sistema convencional de produção baseado no uso de agroquímicos (fertilizantes, fungicidas, inseticidas e herbicidas) e monocultura da bananeira com somente uma cultivar (Prata), além de não possuir vegetação natural circundante aos campos. A maior diversidade inter e intraespecífica, aliada ao manejo diversificado, promove e aproveita as sinergias da biodiversidade do agroecossistema, criando condições mais favoráveis de sustentabilidade (Gliessman et al., 2015).

Em relação a dependência de insumos externos, o valor em todos os campos foi 3,0 (Tabela 8), indicando grande dependência de insumos externos e baixa sustentabilidade para esse indicador. A dependência de insumos causa um grande impasse quando se fala de agricultura sustentável, sendo que os recursos naturais que muitos insumos derivam não são renováveis e suas reservas são finitas, além da dependência de insumos externos deixar produtores, regiões e países inteiros vulneráveis à falta de fornecimento, aumento de preços e flutuações de mercado (Gliessman et al., 2015). A questão da utilização de insumos externos deve ser encarada sob a ótica de um redesenho do agroecossistema que favoreça a diminuição contínua dessa dependência e não a mera substituição de insumos químicos por insumos alternativos. A simples troca de insumos não resolve a questão da dependência dos agricultores com relação aos fornecedores destes produtos (Souza, 2013).

Quando avaliado o aporte de nutrientes, os valores nos campos variaram entre 8,0 e 9,0 (Tabela 8), indicando ótimo nível de sustentabilidade para esse indicador, consequência da aplicação frequente de fertilizantes químicos e orgânico nas áreas. As adubações da bananeira devem ser realizadas com base na análise de solo e, se possível, na análise foliar (Borges et al., 2016).

Todos os campos apresentaram o mesmo valor para a incidência de Sigatoka amarela (10,0) (Tabela 8), uma vez que a doença foi registrada em nível muito baixo, com menos de 10% das plantas apresentando sintomas. A realização de desfolha periódica, pela retirada de folhas velhas e com sintomas de Sigatoka amarela podem ter contribuído para o baixo nível da doença nos campos. A aplicação de fungicidas no período chuvoso (janeiro-março) pode ter contribuído para a redução da severidade da doença. Além disso, uma parte do período em que o levantamento foi efetuado (novembro-dezembro) tem baixa pluviosidade pluviométrica, que é desfavorável para a ocorrência da doença (Cordeiro, 2016).

A incidência de Mal do Panamá foi elevada nos campos, com valores atribuídos entre 1,0 e 5,0 (Tabela 8) em relação a esse indicador, evidenciando baixa sustentabilidade. Mais de 50% das plantas avaliadas apresentavam sintomas da doença em dois campos (C-3 e C-4), enquanto em outros dois campos (C-1 e C-2) foi constatado que 40 a 50% das plantas estavam sintomáticas. O Mal do Panamá, causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (E.F. Smith) W.C. Snyder & Hansen, é um dos grandes problemas da bananicultura mundial. O agente causal é um fungo habitante do solo, que apresenta alta capacidade de sobrevivência na ausência do hospedeiro devido à formação de estruturas de resistência denominadas clamidósporos, que podem permanecer viáveis por 30 anos no solo. As principais formas de disseminação da doença são o contato dos sistemas radiculares de plantas sadias com esporos liberados por plantas doentes e, em muitas áreas, o uso de material de plantio contaminado. O fungo também é disseminado por água de irrigação, assim como pelo homem, por animais e equipamentos. As cultivares do grupo Prata (i.e., Prata, Prata Anã e Pacovan) são suscetíveis às raças de *F. oxysporum* f. sp. cubense registradas no Brasil, enquanto as cultivares do grupo Cavendish (i.e., Nanica, Nanicão e Grande Naine) são resistentes a essas raças (Cordeiro et al., 2016). Não há produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle dessa doença (MAPA, 2021). Uma das medidas recomendadas para o controle da doença é a seleção de áreas de plantio, evitando áreas com histórico da doença (Cordeiro et al., 2016). Os campos com elevada incidência do Mal do Panamá (C-1 a C-4) são os mesmos que apresentaram produtividade muito baixa (Tabela 8), sendo inicialmente sugerida o abandono para tornar o

empreendimento economicamente viável. No entanto, considerando o nível de infestação desses campos, o abandono dos campos propiciará a multiplicação do inóculo na área. Portanto, o recomendado seria a erradicação total das plantas, incluindo o sistema radicular, com a retirada das partes da área de cultivo. Após a erradicação, a área deve ser utilizada para plantio de outras espécies de plantas que não sejam hospedeira de *F. oxysporum* f. sp. cubense, ou para o plantio de cultivares de bananeira resistentes ao patógeno, como do grupo Cavendish.

Os valores atribuídos aos danos causados por ácaros variaram de 1,0 a 5,0, sendo que somente um campo (C-7) atingiu o valor limite de sustentabilidade para esse indicador. A ocorrência de ácaros estava muito alta nos campos, pois em vários pontos de amostragem mais de 50% das folhas estavam danificadas por essas pragas. Os ácaros de teia (*Tetranychus* spp.) são importantes pragas da bananeira, pois o alto potencial reprodutivo aliado ao rápido período de desenvolvimento contribui para a magnitude dos danos. Os ácaros formam colônias na face inferior das folhas, tecendo teias sobre o limbo foliar, normalmente em torno da nervura principal. A região infestada pode secar, causando a queda prematura da folha. Sob alta infestação, os ácaros prejudicam também os frutos, inviabilizando sua comercialização (Fancelli et al., 2016). Não há produtos registrados no MAPA para o controle dessa praga em bananeira (MAPA, 2021).

Quando avaliada a competição com plantas invasoras, os valores atribuídos variaram de 1,0 a 8,0 nos campos (Tabela 8), sendo que na maioria dos campos (C-1, C-2, C-3, C-4 e C-6) os valores ficaram abaixo do nível crítico (5,0), resultantes da elevada incidência e crescimento de plantas invasoras. Essa situação pode ter sido decorrente da erradicação de várias plantas com Mal do Panamá, o que reduziu drasticamente o sombreamento do solo e propiciou as condições ideais para a proliferação de plantas invasoras. Além disso, a cobertura morta do solo propiciada pelos restos culturais da bananeira (folhas, pseudocaule e engaço) pode não ter sido suficiente para impedir o crescimento das plantas invasoras, bem como a roçagem ter sido insuficiente e/ou ineficaz. Como a bananeira possui sistema radicular superficial e frágil, é muito prejudicada pela competição por água e nutrientes (Donato, et al., 2016).

Quando considerada a média dos indicadores de sanidade do cultivo, todos os

campos apresentaram valores abaixo do nível crítico de sustentabilidade (5,0) (Tabela 8). De maneira similar, quando considerada a média combinada dos indicadores de qualidade do solo e sanidade do cultivo, todos os campos se encontram abaixo do nível de sustentabilidade (Figura 5), indicando a situação crítica em que se encontra os campos estudados e a necessidade de ações para melhoria dos indicadores.

Pela análise correlação de Pearson (Figura 5) foi possível quantificar o nível de relação da produtividade de frutos de banana nos campos (t ha⁻¹ ano⁻¹) com os valores obtidos nos indicadores de sustentabilidade (Tabela 9). A produtividade teve correlação significativa somente com quatro indicadores, todos relacionados à sanidade do cultivo: crescimento da cultura (85,7%), incidência do Mal do Panamá (85,8%), danos causados por ácaros (78,4%) e competição com plantas invasoras (80,0%). Portanto, a produtividade é influenciada negativamente pela elevada incidência de Mal do Panamá, pelos elevados níveis de danos causados por ácaros e pela elevada competição com plantas invasoras, enquanto é influenciada positivamente pelo melhor crescimento da cultura. Esses resultados podem ser úteis para a priorização das medidas a serem tomadas visando a melhoraria da sustentabilidade e da produtividade nos oito campos analisados.

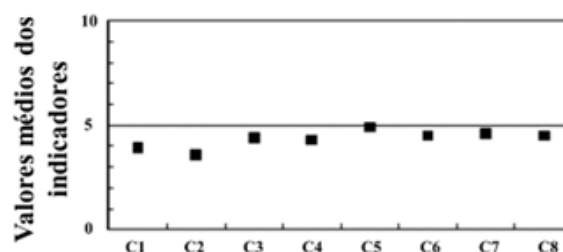


Figura 5 – Médias combinadas dos indicadores de qualidade do solo e da sanidade do cultivo dos oito campos do sistema de produção da Musa spp. no Cariri cearense, Brasil. Fonte: Autora (2021).

Atributos químicos dos solos

Matéria Orgânica

Os níveis MO nos solos dos campos analisados variaram entre 12,0 g kg⁻¹ (C-8) e 19,7 g kg⁻¹ (C-1) (Tabela 10), todos abaixo dos níveis adequados para o cultivo da bananeira, cujo ideal se situa entre 21-40 g kg⁻¹ (Tabela 2) (Borges et al., 2016). Cinco campos (C-1, C-2, C-3, C-4 e C-

5) apresentaram níveis baixos de MO nos solos e três campos C-6, C-7 e C-8) apresentaram níveis muito baixos de MO nos solos.

A matéria orgânica do solo (MOS) em áreas cultivadas com bananeira resulta, em grande parte, do aporte de material orgânico como folhas, pseudocaules e restos de cachos depositados na superfície do solo ao longo dos anos. A maior parte da fitomassa é produzida na época da colheita, sendo que pseudocaul (bainhas + cilindro central) acumula a maior quantidade de fitomassa, seguido

pelo cacho (Borges et al., 2016). Os baixos níveis de MOS nos campos podem estar relacionados com as altas temperaturas da região e a frequência e intensidade da irrigação nas áreas, que podem acelerar a decomposição dos resíduos e causar problemas como lixiviação do substrato e erosão do solo (Tiecher, 2016). Portanto, o aporte de material orgânico com os restos culturais da bananeira e a aplicação de esterco bovino não estão sendo suficientes, havendo a necessidade de complementação da adubação orgânica.

Tabela 9 – Correlação entre os valores de produtividade de frutos e dos indicadores de sustentabilidade em sistema de produção da *Musa* spp. No Cariri cearense, Brasil. Fonte: Autora (2021).

Indicador	Correlação
Estrutura do solo	38,4
Compactação do solo	-42,0
Profundidade do solo	-35,7
Infiltração do solo	-14,7
Estado de resíduos no solo	17,4
Cor, odor e MO no solo	-8,00
Cobertura do solo	-64,7
Erosão do solo	-18,0
Presença de minhocas	-29,5
Atividade microbiológica no solo	22,34
Aparência da cultura	59,2
Crescimento da cultura	87,7**
Desenvolvimento das raízes	-33,4
Diversidade vegetal	nc ^b
Diversidade genética	nc
Diversidade natural circundante	nc
Sistema de manejo	nc
Dependência de insumos externos	14,6
Aporte de nutrientes	-3,0
Incidência da Sigatoka amarela	nc
Incidência do Mal do Panamá	85,8**
Danos causados por ácaros	78,4*
Competição com plantas invasoras	80,0*

^a Coeficientes de correlação de Pearson significativos a $P \leq 0,01$ (**) e $P \leq 0,05$ (*).

^b Não calculada (nc) devido os valores serem os mesmos em todos os Campos.

Acidez do solo

Os valores de pH nos campos, indicativa da acidez ativa, variaram entre 6,3 (C-2) e 7,0 (C-7 e C-8) (Tabela 10), não havendo necessidade de aplicação de calcário (Borges et al., 2016). Três campos (C-2, C-4 e C-5) apresentaram valores adequados de pH (5,5-6,5) para a cultura da bananeira, enquanto nos demais campos os valores foram superiores a 6,5, considerados inadequados para a cultura (Tabela 3) (Borges et al., 2016).

Muitos solos em regiões semiáridas, como é o caso do Cariri cearense apresentam pH

elevado, decorrente da aridez do clima e da temperatura do ar elevada, o que pode afetar suas propriedades e influenciar na produtividade das culturas (Jiao et al., 2016). Os elevados valores de pH podem também estar relacionados com a utilização de água de irrigação calcária, rica em carbonatos e bicarbonatos. O aumento do pH pode promover desequilíbrio nutricional na bananeira, prejudicar a fertilidade do solo e a eficiência dos fertilizantes, acarretando no uso de maiores doses de fertilizantes e aumento dos custos de produção. Além disso, pH elevado influencia algumas

práticas de manejo, tais como o uso de herbicidas, fixação do fósforo no solo e a disponibilidade de micronutrientes como B e Zn (Lima, 2017).

Em todos os campos analisados o teor de alumínio trocável (acidez trocável) no solo foi de 0,00 cmolc dm⁻³ (Tabela 10). A presença de alumínio no solo pode inibir o crescimento radicular e influenciar na disponibilidade de outros nutrientes e processos como a mineralização da MO. A inexistência de Al₃⁺ no solo está diretamente relacionado aos altos valores de pH. O alumínio nessa faixa de pH fica precipitado com hidroxilas (hidróxido e alumínio) e esta forma não é tóxica para as plantas (Sobral et al., 2015).

Os valores de acidez potencial (H+Al) nos campos analisadas variaram de 1,9 cmolc dm⁻³ e 2,3 cmolc dm⁻³ (Tabela 10), sendo classificados como baixos conforme Almeida Júnior (2015) (Tabela 10).

Fósforo

Tabela 10 – Atributos químicos dos solos dos oito campos do sistema de produção da *Musa* spp. no Cariri cearense, Brasil. Fonte: Autora (2021)

Atributo ^a	Unidade	Campos							
		C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8
M.O.	g/kg	19,7	18	18	15,3	17,3	14,4	13	12
pH		6,7	6,3	6,6	6,4	6,5	6,8	7	7
Al	cmolc/dm ⁻³	0	0	0	0	0	0	0	0
H+Al	cmolc/dm ⁻³	2	1,9	2,3	2	1,9	1,9	1,9	1,9
P	mg/dm ⁻³	22	13	26	18,0	15	12	15	20
K	cmolc/dm ⁻³	0,14	0,11	0,09	0,09	0,1	0,1	0,11	0,1
Na	cmolc/dm ⁻³	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06
Ca	cmolc/dm ⁻³	3,7	4	3,3	3	3	3,5	3,2	3,2
Mg	cmolc/dm ⁻³	1,3	2,5	1,3	1,5	1,5	1	1,5	2
K/Mg		0,11	0,04	0,07	0,06	0,07	0,1	0,73	0,05
Ca/Mg		2,85	1,60	2,53	2	2	3,5	2,13	1,6
SB	cmolc/dm ⁻³	5,2	6,7	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7	4,9
CTC	cmolc/dm ⁻³	7,2	8,6	7,1	6,7	6,6	6,6	6,8	7,3
V%	%	72,2	78,4	67,5	69,9	71	71	71,9	73,8

MO = matéria orgânica, pH = potencial hidrogeniônico, Al⁺ = alumínio, H+Al = acidez potencial, P = fósforo, K⁺ = potássio, Na⁺ = sódio, Ca²⁺ = cálcio, Mg²⁺ = magnésio, K/Mg = relação potássio/magnésio, Ca/Mg = relação cálcio/magnésio, SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica e V% = percentagem de saturação por bases.

Potássio e sódio

Os teores de K⁺ nos campos variaram de 0,09 cmolc dm⁻³ (C-3 e C-4) a 0,14 cmolc dm⁻³ (C-1) (Tabela 10), sendo considerados muito baixos para o cultivo da bananeira, pois o limiar para classificação como muito baixo é <0,15 cmolc dm⁻³ (Tabela 1) (Borges et al., 2016).

Os teores de P nos campos variaram de 12,0 mg dm⁻³ (C-6) a 26,0 mg dm⁻³ (C-3) (Tabela 10). Quatro campos não apresentaram níveis adequados P no solo para a cultura da bananeira (C-2, C-5, C-6 e C-7), sendo classificado como baixo conforme Borges et al. (2016) (Tabela 1) Nos demais campos os níveis foram médios, considerados adequados (16-30 mg dm⁻³).

O baixo teor de P disponível encontrado nos quatro campos pode estar relacionado à mineralogia do solo. Não foram realizadas análises físicas das amostras, porém em campo, durante a coleta, foi possível aferir visualmente e através de um teste textural rápido, altos teores de argila no solo. De modo geral, solos que apresentam maiores teores de argila mostram maior potencial de fixação deste elemento e, conseqüentemente, a diminuição da sua disponibilidade para as plantas (Alvarez, 2014).

O K⁺ é o nutriente mais absorvido pela bananeira e a deficiência se caracteriza pelo amarelecimento rápido e murchamento precoce das folhas mais velhas; frutos pequenos e cachos impróprios para comercialização, com maturação irregular e polpa pouco saborosa (Oliveira Neto, 2019).

O baixo teor de K^+ no solo pode ser causada por lixiviação ou calagem excessiva. A lixiviação é considerada a principal perda de K^+ no solo, pois o elemento é carregado para as camadas mais profundas do solo, longe do alcance das raízes. Em caso de teor no solo inferior a 0,60 cmolc dm^{-3} de K^+ , é recomendado realizar adubação potássica (Steiner, 2014; Borges et al., 2016).

Os teores de Na^+ nos solos dos campos variaram de 0,06 cmolc/ dm^3 a 0,08 cmolc dm^{-3} (Tabela 10), confirmando a observação de Almeida Júnior (2015) de que em solos tropicais a presença do Na^+ é baixa.

Cálcio e magnésio

Os teores de Ca^{2+} nos campos variaram entre 3,0 cmolc dm^{-3} (C-4 e C-5) e 4,0 cmolc dm^{-3} (C-2) (Tabela 10), indicando níveis adequados de Ca^{2+} no solo, conforme a classificação de Borges et al. (2016) (Tabela 3).

O Ca^{2+} é ativador enzimático e atua na divisão celular, estimulando o desenvolvimento de raízes e folhas. É um nutriente imóvel na planta e por isso a sua deficiência se manifesta principalmente nas folhas novas. A deficiência de Ca^{2+} é responsável por maturação irregular dos frutos e podridões, frutos verdes junto com maduros com pouco aroma e açúcar (Borges et al., 2016).

Os elevados valores de Ca^{2+} nos campos podem estar relacionados à irrigação com água calcária contendo Ca^{2+} e Mg^{2+} , bem como com as adubações fosfatadas anuais, que aumentam a disponibilidade desses nutrientes para as plantas (Vieira, 2021).

Os teores de Mg^{2+} nos solos variaram entre 1,0 cmolc dm^{-3} (C-6) e 2,0 cmolc dm^{-3} (C-8) (Tabela 10), considerados adequados para a bananeira (Tabela 1) (Borges et al., 2016).

O Mg^{2+} é componente da clorofila, ativa um grande número de enzimas e permite o transporte de P (Taiz et al., 2016). Além de pouca clorofila, plantas de bananeira deficientes em Mg^{2+} produzem cachos pequenos e deformados, os frutos apresentam maturação irregular, polpa mole e viscosa e com sabor desagradável e apodrecem rapidamente (Borges et al., 2016). O excesso de Mg^{2+} pode causar a deficiência de K^+ e Ca^{2+} , da mesma forma que o excesso desses elementos inibem a absorção de Mg^{2+} , respectivamente, sendo necessário manter as relações equilibradas (Vieira, 2021).

Relações K/Mg e Ca/Mg

Os valores da relação K/Mg nos solos dos campos variaram de 0,04 (C-2) a 0,73 (C-7) (Tabela 10). Somente um campo (C-7) atingiu o nível adequado da relação K/Mg para o cultivo de bananeira (0,20-0,50) conforme a classificação de Borges et al. (2016) (Tabela 3). Os valores da relação Ca/Mg nos solos variaram entre 1,60 (C-2 e C-8) a 3,50 (C-6) (Tabela 10). Somente um campo (C-6) atingiu o nível adequado da relação K/Mg, conforme a classificação de Borges et al. (2016) (Tabela 3).

O equilíbrio dos nutrientes é fundamental para o bom desenvolvimento da bananeira, pois, caso contrário, um elemento em excesso pode promover deficiência de outro, comprometendo processos fisiológicos da planta, tornando-a menos produtiva e mais suscetível às pragas e doenças (Viana et al., 2020). Para o bom desenvolvimento da bananeira, as quantidades de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} devem corresponder a 9%, 73% e 18% da saturação por bases, respectivamente (Borges et al., 2016).

Soma de bases

Os valores de SB nos campos variaram de 5,2 cmolc dm^{-3} (C-1) a 6,7 cmolc dm^{-3} (C-2) (Tabela 10). Somente um campo (C-2) apresentou nível adequado de SB, pois segundo a classificação de Borges et al. (2016) (Tabela 3), esse valor para bananeira deve ser de 6,6 cmolc dm^{-3} . Esses resultados mostram que as bases trocáveis presentes nos solos da maioria dos campos encontram-se em pequenas quantidades, resultando em desequilíbrios nutricionais.

Capacidade de troca de cátions

Os valores de CTC nos campos variaram de 6,6 cmolc dm^{-3} (C-5 e C-6) a 8,6 cmolc dm^{-3} (C-2) (Tabela 10) e somente um campo (C-2) apresentou nível adequado de CTC (Tabela 3) (Borges et al., 2016). Os níveis de CTC constatados podem ser associados aos valores de MOS, pois os grupos carboxílicos e fenólicos constituem os principais componentes responsáveis pela CTC, onde a contribuição da MO é maior que as das argilas em solos que predominam cargas dependentes de pH (Tiecher, 2016).

Porcentagem de saturação por bases

Os valores de V% nos solos dos campos variaram de 67,5% (C-3) a 78,4% (C-2) (Tabela 10). Baseado nesses valores, esses solos podem ser classificados como eutróficos, evidenciando suas elevadas fertilidades (Santos et al., 2018). Todos os

campos apresentaram níveis adequados de V%, pois conforme Borges et al. (2016) (Tabela 3), esses valores em solos destinados ao cultivo da bananeira devem ser entre 60% e 80%.

Em alguns campos foram identificadas deficiências dos atributos químicos do solo analisados, principalmente em relação a MO, P e K⁺. O sucesso das respostas da adubação da bananeira, além das quantidades recomendadas, depende da localização e da época da aplicação, que, quando adequadas, facilitam a absorção pela planta e evitam perdas (Borges et al., 2016). Todos os campos apresentaram níveis abaixo do adequado de MOS e têm necessidade de adubação orgânica complementar. Os cultivos analisados já se encontram estabelecidos (fases de formação e produção) e por isso a adição de adubos orgânicos deverá ser efetuada por ocasião da seleção do seguidor que dará continuidade à família, pois há emissão de novas raízes (Borges et al., 2016). A adubação fosfatada deverá ser realizada uma vez ao ano, tendo em vista que P é praticamente imóvel no solo, enquanto a adubação potássica deve ser parcelada, aplicada mensalmente ou a cada dois meses (Borges et al., 2016).

Conclusões

Os campos de bananeira do Cariri Cearense não adotam vários procedimentos técnicos essenciais para o bom desenvolvimento e viabilidade econômica do empreendimento. Esses fatores limitam o potencial produtivo e econômico dos bananicultores da região.

O uso dos indicadores simples de qualidade do solo e de sanidade do cultivo permitiram a realização de diagnóstico rápido da sustentabilidade da produção de banana. Esse diagnóstico pode auxiliar na tomada de decisões para melhorar o manejo do solo e da planta, visando a aumentar a produtividade e a rentabilidade da atividade.

Todos os campos, encontram-se abaixo do nível sustentabilidade, indicando a necessidade de ações para melhoria dos indicadores de qualidade do solo e sanidade do cultivo. Além disso, possuem solos com elevada fertilidade natural, mas desequilibrados nutricionalmente, com deficiência de nutrientes no solo, principalmente MO, P e K⁺, havendo a necessidade de aporte dos mesmos.

Todos os campos devem ser erradicados devido à baixa produtividade e ao elevado nível de incidência do Mal do Panamá.

O uso dos indicadores de qualidade do solo e da sanidade do cultivo permitem ao produtor um diagnóstico rápido de determinada área, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de manejos mais sustentáveis.

Agradecimentos

Agradecemos à Fazenda Sítio Terra Verde pela parceira no desenvolvimento desta pesquisa, à Universidade Federal do Cariri (UFCA) e ao Centro de Ciência Agrárias e da Biodiversidade (CCAB) pela logística disponibilizada para a realização deste estudo.

Referências

- Almeida Júnior, A. B. D., Nascimento, C. W. A. D., & Barros, F. M. D. R. 2015. Acidez potencial estimada pelo método do pH SMP em solos do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39, 767-773. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140307>
- Altieri, M. A. 2008. *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. 5. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, v. 64, n. 1, p. 17- 24. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6866>
- Altieri, M. A.; Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, London, v. 38, n. 3, p. 587-612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- Alvarez, J. W. R. 2014. Transferência de fósforo em pequenas bacias hidrográficas com predomínio de sistema plantio direto precário (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Santa Maria). Repositório digital da UFSM. <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3357/ALVAREZ%2C%20JIMMY%20WALTER%20RASCHE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alves, E. J., Lima, M. B., Carvalho, J. B. D., & Borges, A. L. 2004. Tratos culturais e colheita. O cultivo da bananeira. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (ed.). Cruz das Almas, Editora Embrapa Mandioca e Fruticultura, 107-131.

- <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005043/1/LivroBanana.pdf>
- Alves, E. J. et al. 2016. Planejamento e estabelecimento de um plantio comercial. In: FERREIRA, C. F. et al. (ed.). O agronegócio da banana. Brasília: Embrapa. p. 399-439.
- Amaro, A. A.; Fagundes, P. R. S. 2016. Aspectos econômicos e comercialização. In: Ferreira, C. F. et al. (ed.). O agronegócio da banana. Brasília: Embrapa, p. 728- 752.
- Baldassarini, J. D. S., & Nunes, J. O. R. 2018. Estimação da perda de solo por processos erosivos em parcelas de monitoramento utilizando pinos de erosão em propriedades rurais do interior do Estado de São Paulo. Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia, (38). <https://doi.org/10.4000/confins.16084>
- Borges, A. L., Raij, B. V., Magalhães, A. D. J., & Bernardi, A. D. C. 2002. Nutrição e adubação da bananeira irrigada (Vol. 48). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184669/1/11238.pdf>
- Borges, A. 2016. D" Oliveira, PS Nutrição e Adubação. In: Ferreira, CF; Silva, SO; Amorim, EP; Santos-Serejo, JA. O Agronegócio da Banana. Embrapa, Brasília, DF. p. 331-398.
- Brady, N. C., Weil, R. R., & Weil, R. R. 2008. The nature and properties of soils (Vol. 13, pp. 662-710). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Campos, K. C.; Almeida, M. R. D.; Lima, C. F. (2020). Análise de risco da produção de banana no município de Missão Velha – Ceará. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá, v. 13, n. 4, p. 1281-1300. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n4p1281-1300>
- Cardoso, E. L.; Fernandes, A. H. B. M.; Fernandes, F. A. 2009. Análise de solos: finalidade e procedimentos de amostragem. Corumbá: Embrapa Pantanal.
- Amorim, E. P., Amorim, V. B. O., Santos-Serejo, J. A., & Silva, S. O. 2016. O Agronegócio da Banana. Irrigação. In: Ferreira, C. F. et al. (ed.). Brasília: Embrapa, p. 442-470.
- Cordeiro, Z. J. M.; Matos, A. P.; Haddad, F. 2016. Doenças fúngicas e bacterianas. In: Ferreira, C. F. et al. (ed.). O agronegócio da banana. Brasília: Embrapa, p. 545- 575.
- Costa, M. C. G. et al. 2011. Profundidade do solo e micro relevo em bananeais irrigados: impactos na nutrição mineral e potencial produtivo. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 567-578. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000300001>
- Cruz, F. C. C. Barros; J. D. S. Sousa, F. S; Leite, A. L. 2019. Sustentabilidade de produção agrícola das famílias assistidas pelo projeto de transposição do Rio São Francisco em São José de Piranhas – PB. Polêmica, Rio de Janeiro, v. 19, 50-70. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/24263>
- de Brito Ferreira, E. P., Stone, L. F., & Martin-Didonet, C. C. G. 2017. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. Revista Ciência Agronômica, 48(1), 22-31. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170003>
- Donato, S. L. R., Coelho, E. F., Marques, P. R. R., & Arantes, A. D. M. 2015. Considerações ecológicas, fisiológicas e de manejo. O agronegócio da banana. In: Ferreira, C. F. et al. (ed.). Brasília, DF: Embrapa, 47-110.
- Doran, J. W., Parkin, T. B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J. W. et al. (ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America, p. 3-21. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1>
- Fancelli, M. et al., 2016. Artrópodes-paga e controle. In: Ferreira, C. F. et al. (ed.). O agronegócio da banana. Brasília: Embrapa, p. 595-6444.
- Fernandes, L. A., Ramos, S. J., Valadares, S. V., Lopes, P. S. N., & Faquin, V. 2008. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 43, 1575-1581. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100017>
- Fernandes, R. B. A., Barrón, V., Torrent, J., & Fontes, M. P. F. 2004. Quantificação de óxidos de ferro de Latossolos brasileiros por espectroscopia de refletância difusa. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28, 245-257. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000200003>
- Ferreira, D. M. V., Cordeiro, Z. J. M., & Matos, A. P. D. 2003. Sistema de pré-aviso para o controle da Sigatoka-amarela da bananeira no Recôncavo Baiano. Revista Brasileira de Fruticultura, 25, 429-431. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000300017>

- Gliessman, S. R. 2015. Indicators of sustainability. In: Gliessman, S. R. Agroecology: the ecology of sustainable food systems. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, p. 287-298.
- Google Earth website, 2023. Disponível em: <http://earth.google.com/>.
- IBGE (Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística). 2021. Levantamento sistemático da produção agrícola [online]. Rio de Janeiro. <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>. Acesso em: 06 jul. 2021.
- Jiao, F., Shi, X. R., Han, F. P., & Yuan, Z. Y. 2016. Increasing aridity, temperature and soil pH induce soil CNP imbalance in grasslands. Scientific reports, 6(1), 19601. <https://doi.org/10.1038/srep19601>
- Korndörfer, G. 2006. Elementos benéficos: Si, Na e Co. Fernandes, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: SBCS, 252-280.
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., & Rossi, JP 2006. Invertebrados do solo e serviços ecossistêmicos. Jornal Europeu de Biologia do Solo, 42, S3-S15. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>
- Lima, M. B.; Alves, E. J. 2004. Estabelecimento do pomar. In: Borges, A. L.; Souza, L. S. (ed.). O cultivo da bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 87-131.
- Lima, I. M. A. 2017. Fontes e doses de nitrogênio na cultura da banana em região Semiárida. Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará. Repositório Digital da UFC. https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35975/3/2017_tese_imalima.pdf
- Machado, C. D. T., & Vidal, M. C. 2006. Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/567270/1/doc173.pdf>
- Magdoff, F.; Van Es, H. 2009. Building soils for better crops. 3. ed. Brentwood: Sustainable Agriculture Publications.
- Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas (Vol. 1). São Paulo: Agronômica Ceres.
- MAPA (Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento). 2021. Agrofit: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. [online]. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- Menezes, K. C., Puia, J. D., & Machado, A. H. R. 2020. A importância da elasticidade da matéria orgânica e de sua atuação na estabilidade dos agregados para o controle da compactação do solo. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 3(3), 1349-1356. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-052>
- Moreira, F. D. S., & Siqueira, J. O. 2006. Microbiologia e bioquímica do solo. UFLA, Lavras.
- Moura, J. A., Gonzaga, M. I. S., dos Anjos, J. L., Rodrigues, A. C. P., da Silva Leão, T. D., & Santos, L. C. O. 2015. Respiração basal e relação de estratificação em solo cultivado com citros e tratado com resíduos orgânicos no estado de Sergipe. Semina: Ciências Agrárias, 36(2), 731-746. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p731>
- Nascimento, K. P. M. 2021. Diagnóstico rápido da sustentabilidade dos cultivos de bananeira em propriedades de níveis familiar e empresarial no Cariri cearense. 60f. Monografia de graduação em Agronomia, Universidade Federal do Cariri, Crato.
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., Dezanet, A., Lana, M., Feistauer, D., & Ouriques, M. 2004. A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. Biodynamics, 33-39. <https://www.researchgate.net/publication/253208812>
- Oliveira Neto, O. D. C. D. 2019. Resposta da bananeira cv. Vitória à adubação nitrogenada e potássica na microrregião do Brejo Paraibano. Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba. Repositório Digital da UFPB. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/18332/1/OCON03112020-TA223.pdf>
- POTAFOS (Instituto Da Potassa & Fosfato). 1998. Manual internacional de fertilidade do solo. Piracicaba: POTAFOS.
- Prado, E. R. 2018. Avaliação de termofosfato em plantas de alface sob condições de casa de vegetação. Dissertação de mestrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Repositório Digital do IFG <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/110/1/Tcc.Emilia%20rezende%20.pdf>
- Santos, H. G. et al., 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Brasília: Embrapa.
- Santos-Serejo, J. A.; Souza, A. S.; Souza, H. R. 2016. Produção de mudas de bananeira com alta

- qualidade fitossanitária. In: Ferreira, C. F. et al. (ed.). O agronegócio da banana. Brasília: Embrapa, p. 223-242.
- Schmidt, M. R. 2022. Diagnóstico do estado de compactação e descompactação em solos sob plantio direto no Centro-sul do Paraná, 149 f. Tese de doutorado, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Repositório Digital da UFRGS.
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/247598/001147388.pdf?sequence=1>
- Silva, D. C. D. 2022. Fungos causadores de podridões pós-colheita em bananas e severidade da antracnose em unidades de beneficiamento no Cariri Cearense.
<http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/9970>
- Sobral, L. F., Barreto, M. D. V., Da Silva, A. J., & Dos Anjos, J. L. 2015. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos.
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1042994>
- Souza, R. T. M. D. 2013. Gestão ambiental de agroecossistemas familiares mediante o método MESMIS de avaliação de sustentabilidade. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Repositório Digital da UFSC.
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/107284/319999.pdf?sequence>
- Souza, L. S.; Borges, A. L.; Silva, J. T. A. 2016. Solo: manejo e conservação. In: Ferreira, C. F. et al. (ed.). O agronegócio da banana. Brasília: Embrapa, p. 277- 330.
- Stefanoski, D. C., Santos, G. G., Marchão, R. L., Petter, F. A., & Pacheco, L. P. 2013. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, 17, 1301-1309.
- Steffen, G. P. K., Antonioli, Z. I., Steffen, R. B., & Jacques, R. J. S. 2013. Importância ecológica e ambiental das minhocas. Revista de Ciências Agrárias, 36(2), 137-147.
<https://doi.org/10.19084/rca.16291>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora.
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. 2017. Cátions trocáveis. In: Teixeira, P. C et al. (ed). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília: Embrapa, p. 209-232.
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194786/1/Pt-5-Cap-1-Micromorfologia-do-solo.pdf>
- Tiecher, T. 2016. Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre, Rs: UFRGS.
- Viana, AF, Pacheco, DD, Silva, TC, de Oliveira, NLC, & Barbosa, MG 2020. Produção de bananeira 'Prata Anã' com adubações de potássio e magnésio em área irrigada com água calcária na localidade de Januária-MG. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, 9 (8), e573986093-e573986093.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6093>
- Vidaletti, V. F. 2022. Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração e escoamento de água e sedimentos. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- Vieira, I. G. 2021. Calagem para o cultivo da Pitaia vermelha em região tropical. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará. Repositório digital da UFC.
<https://ppgsolos.ufc.br/wp-content/uploads/2021/06/2021-dis-igvieira.pdf>
- Weil, R. R.; Brady, N. 2017 The nature and properties of soils. 15. ed. Harlow: Pearson Education.