



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

FERNANDA DE CARVALHO ARAÚJO

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA E INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE  
QUALIDADE EM SOLOS FRÁGEIS CULTIVADOS COM Videira IRRIGADA NO  
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**



JUAZEIRO/BA

2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**FERNANDA DE CARVALHO ARAÚJO**

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA E INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE  
QUALIDADE EM SOLOS FRÁGEIS CULTIVADOS COM VIDEIRA IRRIGADA NO  
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito da obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima. Coorientador: Prof. Dr. Bruno Coutinho Moreira

JUAZEIRO/BA

2022

Araújo, Fernanda de Carvalho.  
A663f Frações da matéria orgânica e indicadores microbiológicos de qualidade em solos frágeis cultivados com videira irrigada no semiárido brasileiro. / Fernanda de Carvalho Araújo. – Juazeiro - BA, 2022.  
ix, 79 f.: il.; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima.

1. Solo - Uso. 2. Uva – cultivo. I. Título. II. Lima, Augusto Miguel Nascimento. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 624.151

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

FERNANDA DE CARVALHO ARAÚJO


FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA E INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE  
QUALIDADE EM SOLOS FRÁGEIS CULTIVADOS COM VIDEIRA IRRIGADA NO  
SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 27 de setembro de 2022.

**Banca Examinadora**


Documento assinado digitalmente

 AUGUSTO MIGUEL NASCIMENTO LIMA  
Data: 12/12/2022 09:24:20-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Professor Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima


Documento assinado digitalmente

 BRUNO COUTINHO MOREIRA  
Data: 12/12/2022 10:46:33-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Professor Dr. Bruno Coutinho Moreira


Documento assinado digitalmente

 MARCOS SALES RODRIGUES  
Data: 12/12/2022 13:55:18-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Professor Dr. Marcos Sales Rodrigues

Documento assinado digitalmente

 ALESSANDRA MONTEIRO SALVIANO  
Data: 12/12/2022 14:34:18-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Dr<sup>a</sup>. Alessandra Monteiro Salviano

Juazeiro, 27 de setembro de 2022.

## **AGRADECIMENTOS**

Venho aqui fazer meus sinceros agradecimentos às pessoas que contribuíram direta ou indiretamente com essa importante etapa da minha vida, o meu Mestrado.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, meu pai celestial, por agir sempre na minha vida.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade e infraestrutura oferecida para a realização do curso de mestrado. Em especial ao coordenador Dian Lourenconi, que sempre foi muito prestativo e disponível sempre que precisei.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela bolsa de mestrado concedida.

À Fazenda Santa Felicidade pela concessão da área para o desenvolvimento do estudo, em especial a Caio pelo fornecimento de dados e todo o apoio durante o estudo.

Aos meus queridos pais José Pinto de Araújo e Maria Lúcia de Carvalho Araújo por toda dedicação e estímulo que me deram para continuar estudando.

Ao meu esposo, José Pereira Neto por todo apoio, paciência e conselho durante esse tempo. A minha sogra Edivani e as minhas cunhadas Rufina e Edvania.

Ao meu orientador Augusto Miguel Nascimento Lima e ao meu coorientador Bruno Coutinho Moreira que me acompanharam desde o início do mestrado e se disponibilizaram a me ensinar sempre que foi necessário, com muita paciência e dedicação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos ensinamentos prestados.

Às Secretárias do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UNIVASF, Carolina e Elisa pelo apoio.

Agradeço também a todos os colegas e amigos que me ajudaram e fizeram parte do meu dia-a-dia. À Talisson, Murilo e Carlos André, sem vocês teria sido muito mais difícil.

A todos do Laboratório de Química e Física do Solo/CCA/UNIVASF, em especial a Katia e Mônica pelas experiências trocadas.

Ao pessoal do Laboratório de Microbiologia do Solo/CCA/UNIVASF por me emprestarem alguns materiais e, em especial, a Almir pelas experiências trocadas.

A todos os meus familiares, aos meus tios Lucimar e Manoel, aos meus padrinhos Ramilson e Edneuzza pelo carinho e por ficarem felizes com cada uma das minhas conquistas.

Às minhas amigas Víquia, Thamires e Camilla que durante esse tempo sentiram a minha ausência, mas sempre me apoiaram.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o presente estudo.

Meu muito obrigado!

ARAÚJO, F.C. **Frações da matéria orgânica e indicadores microbiológicos de qualidade em solos frágeis cultivados com videira irrigada no semiárido brasileiro**. 2022. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

## RESUMO

A redução da qualidade química e microbiológica do solo, devido à mudança de uso para cultivos agrícolas sem respeitar suas limitações, poderá levar a degradação edáfica, refletindo em menor produção agrícola. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar, em dois anos consecutivos (2020 e 2021), a influência do cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) nas frações da matéria orgânica do solo e indicadores microbiológicos de qualidade do solo em comparação à Caatinga nativa em Neossolo Quartzarênico localizado em Casa Nova-BA. Nas áreas sob videira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga (referência) foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. Assim, foram determinados os estoques de carbono orgânico total (COT), C das substâncias húmicas (SH), fração leve (FL) e pesada (FP) da matéria orgânica do solo (MOS), bem como, os teores de carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e microbiano ( $qMIC$ ) e na densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). O efeito do cultivo de videira irrigada nos estoques de carbono dos compartimentos da MOS e indicadores microbiológicos de qualidade do solo, em relação à Caatinga, é influenciado pela área de deposição de resíduos. O manejo adotado na linha de cultivo da videira irrigada constituiu estratégias de manejo para possibilitar melhorias na qualidade do solo, em função dos aumentos nos estoques de COT, carbono da fração húmica e SH. Além disso, promoveu aumentos no CBM e na densidade de esporos de FMAs e reduziu o  $qCO_2$  na linha de plantio.

**Palavras-chave:** Carbono orgânico total. Substâncias húmicas. Fração leve. Biomassa microbiana. Fungos micorrízicos arbusculares. *Vitis vinífera*. Solos arenosos.

ARAÚJO, F.C. **Organic matter fractions and microbiological indicators of quality in fragile soils cultivated with irrigated vine in the Brazilian semi-arid.** 2022. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

## ABSTRACT

The reduction of the chemical and microbiological quality of the soil, due to the change of the use for agricultural crops without respecting their limitations, may lead to edaphic degradation, reflecting in lower agricultural production. Thus, the present study aimed to evaluate, in two consecutive years (2020 and 2021), the influence of irrigated vine cultivation (line and interrow) on organic soil matter fractions and microbiological indicators of soil quality compared to the native Caatinga in Quartzite Neosol located in Casa Nova-BA. In the areas under irrigated vine (row and interrow) and Caatinga (reference) soil samples were collected in the layers of 0-0.2 and 0.2-0.4 m depth. Thus, the stocks of total organic carbon (TOC), C of the Humic Substances (HS), light fraction (LF) and heavy (HF) fraction of soil organic matter (SOM) were determined, as well as the carbon contents of microbial biomass (MBC), basal respiration of soil (BRS), metabolic quotient ( $qCO_2$ ) and microbial ( $qMIC$ ) and spore density of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The effect of irrigated vine cultivation on carbon stocks of SOM compartments and microbiological indicators of soil quality in relation to the Caatinga is influenced by the residue deposition area. The management adopted in the cultivated row of the irrigated vine constituted management strategies to enable improvements in soil quality, due to the increases in stocks of TOC, humin fraction carbon and HS. In addition, it promoted increases in MBC and spore density of AMF and reduced  $qCO_2$  in the planting row.

**Keywords:** Total organic carbon. Hummic substances. Light fraction. Microbial biomass. Arbuscular mycorrhizal fungi. *Vitis vinifera*. Sandy soils.



## SUMÁRIO

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 Solos frágeis .....	13
2.2 Qualidade do solo.....	14
2.3 Matéria orgânica do solo.....	16
2.4 Indicadores microbiológicos de qualidade dos solos .....	19
2.5 Referências .....	21
<b>3. ARTIGO 1 - FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS FRÁGEIS CULTIVADOS COM VIDEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....</b>	<b>28</b>
RESUMO .....	28
ABSTRACT .....	29
INTRODUÇÃO .....	30
MATERIAL E MÉTODOS .....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
CONCLUSÕES .....	48
REFERÊNCIAS.....	49
<b>4. ARTIGO 2 - INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE QUALIDADE EM SOLOS FRÁGEIS CULTIVADOS COM VIDEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....</b>	<b>53</b>
RESUMO .....	53
ABSTRACT .....	54
INTRODUÇÃO .....	55
MATERIAL E MÉTODOS .....	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
CONCLUSÕES .....	74
REFERÊNCIAS .....	74
<b>5. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>79</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de frutas frescas e área cultivada, atualmente, são consideradas uma das maiores do mundo, respondendo por uma produção de 69,03 milhões de toneladas de frutos colhidos, sendo um dos ramos mais importante do agronegócio brasileiro (FAO, 2020). O Vale do Submédio São Francisco tem se destacado nas últimas décadas como um dos importantes centros exportadores de frutas no Brasil. A pauta de exportação da região tem se concentrado principalmente em uva e manga, culturas de maior valor agregado e que são bem aceitas na Europa e Estados Unidos, seus principais mercados consumidores (BRANCO; BARROS, 2017). A área plantada de videira irrigada no Vale do Submédio São Francisco em 2022 foi de aproximadamente 12.000 ha (CEPEA, 2022).

As áreas onde antes existia vegetação nativa estão sendo cada vez mais substituídas por sistemas agrícolas como a fruticultura irrigada, impactando diretamente na qualidade do solo (ARCOVERDE et al., 2018). Os elementos-chave que influencia na qualidade do solo são os atributos físicos, químicos e biológicos, alterados de acordo com o tipo de solo, uso e manejo adotado (LAL, 2015). Além disso, a remoção da cobertura vegetal pode refletir na decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) e, conseqüentemente, modificar os processos de ciclagem de nutrientes (SOUZA et al., 2018).

O solo sob Caatinga no Nordeste em condições semiáridas é muito diferenciado do que em outros lugares do mundo, contém menores estoques de C (SANTANA et al., 2022), além de possuírem estoques de serapilheira geralmente baixos devido a uma vegetação mais rala e seca influenciada pela menor disponibilidade hídrica em função da combinação de baixa pluviosidade e alto potencial de evapotranspiração (MENEZES et al., 2021). O bioma Caatinga é predominante na região Nordeste, sendo considerado um ecossistema frágil, sendo, dentre os biomas brasileiros, o que mais sofre com a ação antrópica (SILVA et al., 2018). A remoção da cobertura vegetal provoca mudanças na dinâmica de funcionamento do solo, podendo reduzir seu potencial de produção em função das perdas de matéria orgânica e nutrientes, levando a uma situação de degradação do solo (MARTIN et al., 2019).

Além disso, uma grande proporção das áreas agrícolas do semiárido brasileiro são sob solos frágeis, com baixa fertilidade, elevada drenagem, textura arenosa e estrutura de grão simples, possibilitando assim alto risco de degradação, como, por exemplo, os Neossolos Quartzarênico (BRITO et al., 2017). Adicionalmente, a baixa formação de complexos argilo-orgânico em solos arenosos influencia na baixa capacidade de proteção física e coloidal da MOS (MORADI et al., 2017). Os solos frágeis, em função da intensidade de uso e manejo aos quais têm sido submetidos, estão perdendo rapidamente a capacidade de suprir em nutrientes, água e oxigênio para as plantas, ou seja, o seu potencial produtivo (SALVIANO et al., 2016).

É importante que se analise os atributos do solo para avaliar sua qualidade, pela observação de indicadores da qualidade do solo, podendo ser através de atributos físicos, químicos e biológicos (SILVA et al., 2020; SILVA et al., 2021). Os indicadores de qualidade de solo possibilitam o conhecimento de um determinado local e dos processos de transformação que este adveio, contribuindo assim com o manejo a ser adotado. O monitoramento dos atributos de qualidade do solo pode servir como critério para detectar alterações mais impactantes (SOBUCKI et al., 2019).

A qualidade do solo é influenciada pelos compartimentos da MOS e esses influenciam vários atributos do solo, tais como a capacidade de troca iônica, disponibilidade de nutrientes, porosidade, densidade, agregação, retenção de água, resistência à erosão, potencial de lixiviação e ainda o desenvolvimento de microrganismos (CARVALHO et al., 2016). A MOS e sua relação com as condições edafoclimáticas devem ser consideradas na avaliação do uso da terra e sistema de manejo, visando estabelecer formas de uso sustentável dos solos. Os compartimentos da MOS possuem diferentes tempos de ciclagem, sendo as substâncias húmicas (SH) as mais estáveis e dominantes em condições tropicais (VALLADARES et al., 2016).

O estudo a respeito da dinâmica da MOS em função de mudança de uso da terra não deve ser realizado apenas com a determinação de carbono orgânico total (COT) de forma isolada, pois em curto intervalo de tempo pode não ser perceptível. Dessa forma, é importante determinar também o C das SH, pois o sequestro de C pode ser favorecido pelo aumento de frações ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) fração pesada (FP) e fração leve (FL), sendo esse um dos indicadores mais sensíveis de mudanças na qualidade do solo (OU et al., 2016; REIS et al., 2016). Os solos agrícolas, além de sustentarem a produção, são potenciais acumuladores de

carbono, pois esses sequestram o C da atmosfera e fixam no solo. Entretanto, cada solo responde de forma diferenciada à produção e aos serviços ambientais, conforme o tipo de solo, ambiente, manejo e plantas cultivadas (BOGIANI et al., 2020). É possível obter respostas distintas às diferentes práticas de uso do solo através do fracionamento químico e físico da MOS (ROSA et al., 2017).

Os indicadores de qualidade do solo (QS), principalmente os microbiológicos, como, por exemplo a biomassa microbiana (CBM), a respiração basal do solo (RBS), o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e microbiano ( $qMIC$ ) e os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), por serem ligados a parte viva e mais ativa da MOS e os microrganismos serem responsáveis por importantes processos bioquímicos, bem como mais sensíveis que os indicadores químicos e físicos em detectar com maior antecedência mudanças ocorrendo em função do uso e manejo do solo, têm sido cada vez mais estudados pela ciência do solo (SILVA et al., 2021).

Apesar da importância socioeconômica do mercado de uva no Brasil, especialmente na região do Vale do Submédio São Francisco, pouco se sabe sobre o efeito que a substituição da Caatinga pelo cultivo de videira irrigada pode causar nos estoques de C das frações da MOS e nos indicadores microbiológicos de qualidade do solo, principalmente em solos frágeis. Acredita-se que cinco anos de cultivo de videira irrigada possibilite verificar o efeito nos estoques de C da MOS e atributos microbiológicos do solo em relação à mata nativa.

Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar, em dois anos consecutivos (2020 e 2021), a influência do cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) nas frações da matéria orgânica do solo e indicadores microbiológicos de qualidade do solo em comparação à Caatinga nativa em Neossolo Quartzarênico localizado em Casa Nova-BA.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Solos frágeis

Os solos que estão perdendo de forma acelerada a sua capacidade produtiva, ou seja, o potencial de disponibilizar nutrientes, água e oxigênio para as plantas, devido ao uso e manejo aos quais têm sido adotados, são considerados solos frágeis (CASTRO; HERNANI, 2015).

A degradação dos solos vem aumentando no Brasil e intensificando mais ainda a problemática, principalmente, em solos frágeis, devido ao aumento da exploração agrícola com uso de práticas inadequadas ou sem planejamento (LEMMA et al., 2017).

Os solos frágeis ocupam cerca de 8% do território brasileiro e são predominantes nos estados do Piauí, da Bahia, de Pernambuco, do Rio Grande do Norte e do Ceará, onde representam 20% da área. Esses solos enquadram-se nas classes texturais areia e areia franca ou franco arenosa, até a profundidade de 0,75 m ou mais, sendo representados, principalmente, pelos Neossolos Quartzarênicos e, em parte, por Argissolos e Latossolos (DONAGEMMA et al., 2016).

Na região do Vale do Submédio São Francisco há uma grande extensão de solos arenosos, entre eles os Neossolos Quartzarênicos. Estes solos apresentam elevada susceptibilidade à degradação física, química e biológica, e na sua grande maioria são caracterizados por possuir textura arenosa, reação ácida, estrutura em grãos simples, apresentam baixa capacidade de retenção de umidade, baixa matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes, sendo, assim, considerados ambientes muito frágeis que requererem estratégias especiais de manejo e conservação para o uso sustentável (CASTRO; HERNANI, 2015).

Essas características limitam o seu uso para fins agrícolas, porém, com a adoção de boas práticas agrícolas, vêm sendo bastante utilizados para produção de frutíferas irrigadas que impulsionam a economia da região no Vale do Submédio São Francisco, como uva, manga e banana (SALVIANO et al., 2016).

## 2.2. Qualidade do solo

A preocupação com a degradação do solo, sustentabilidade agrícola e a função que o solo desempenha tornam-se cada vez mais frequentes. A definição da qualidade do solo e os seus atributos químico, físico e biológicos vem sendo discutido há tempos (CUNHA et al., 2012). A qualidade do solo é fundamental para a manutenção de forma sustentável das culturas e para a garantia de alimentos no mundo, assim como para o desenvolvimento das espécies que nele habitam (MELO et al., 2017).

As áreas de vegetação nativa se tornaram áreas com intensas atividades antrópicas, devido ao intenso uso pela agricultura, causando assim mudanças drásticas nos atributos do solo. Nesse sentido, o nível de alteração na qualidade do solo pode ser determinado pela situação do estado atual de determinados atributos em comparação com o estado natural do solo, onde nunca sofreu intervenção antrópica, sendo esses usados como referência (SILVA et al., 2015).

A qualidade do solo é melhor mensurada quando avaliada por indicadores que apresentam elevada sensibilidade a vários manejos do solo, sendo que a atividade de microrganismos benéficos e o estoque de MOS são mais influenciados quando são adotadas práticas conservadoras do solo (SOBUCKI et al., 2019). De acordo com Lima et al. (2013) e Cherubin et al. (2015), inúmeros fatores influenciam a qualidade do solo, como: o tipo de solo, o clima, as plantas de cobertura e o manejo adotado, assim, deixar o solo em um nível equilibrado não é uma tarefa tão simples.

A identificação de características capazes de servir como indicadoras de qualidade do solo está na maioria das pesquisas relacionadas à qualidade do solo. Órgãos governamentais, pesquisadores e agricultores se interessam em conseguir indicadores que possam determinar a qualidade do solo com a finalidade de monitorar as modificações nos solos cultivados ao longo do tempo (VALANI et al., 2020). Dentre os indicadores de qualidade do solo têm-se os indicadores químicos, físicos e biológicos (BRANDÃO et al., 2017; SILVA et al., 2021).

Freitas et al. (2017) em seu trabalho afirma que mudança no uso da terra diminui a qualidade do solo, principalmente o cultivo em áreas anteriormente ocupadas por vegetação nativa, pois os ecossistemas naturais apresentam integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, decorrente de processos

essenciais de ciclagem de nutrientes, acúmulo e decomposição da matéria orgânica e agregação do solo. Dessa forma, o conhecimento das modificações químicas, físicas do solo, causadas pelo cultivo contínuo, pode fornecer subsídios para a adoção de práticas de manejo que permitam incrementar o rendimento das culturas, garantindo a contínua sustentabilidade e conservação dos ecossistemas (FREITAS et al., 2017).

Os indicadores microbiológicos são mais sensíveis à mudança de uso do solo e práticas de manejo (SILVA et al., 2021).

De acordo com Santos et al. (2021), avaliaram os atributos microbiológicos em áreas cultivadas com frutíferas (uva, mamão, manga, goiaba, maracujá, caju e tomate), no bioma Caatinga, em um Luvisolo Crômico no município de São Domingos-PB, na camada de 0,0-0,2 m. Os valores de qCO<sub>2</sub> diferiram entre os sistemas de uso das áreas, destacando os maiores resultados no solo cultivado com frutíferas em relação à Caatinga hiperxerófica. Os autores concluíram que os indicadores microbiológicos são muito sensíveis à mudança de uso e manejo do solo.

Corroborando com Santana et al. (2017), avaliaram a biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo em solo arenoso cultivados com banana em relação à mata nativa, na região Sul do Estado de Roraima, na camada de 0,0-0,2 m. Foram encontrados valores superiores de MOS e C-BMS nas áreas de mata em relação à área de cultivo agrícola (banana). Os autores justificam que isto pode ter ocorrido devido ao maior aporte de biomassa vegetal na área de mata, comparado às áreas de cultivo agrícola. Assim, os sistemas de manejo do solo que possuem maior acúmulo de resíduos vegetais no solo, que nesse caso é a mata nativa, apresentaram maior biomassa microbiana, o que ressalta que os atributos microbiológicos respondem positivamente ao manejo conservacionista do solo.

Em estudo realizado em Teixeira de Freitas-BA, avaliando a qualidade de um Argissolo Amarelo na profundidade de 0,0-0,2 m, Costa et al. (2019) concluíram que o tipo de cobertura vegetal e manejo influenciam na qualidade dos solos. Áreas de sistemas de cultivo com cobertura vegetal mais diversificada (hortaliças consorciadas com café, banana, milho, dentre outras plantas) apresentam melhor qualidade nos solos comparados aos solos de mata nativa. Não só o manejo e as formas de preparo do solo influenciam na dinâmica da MOS em sistemas agrícolas, mas também a

adição de fertilizantes, materiais orgânicos, adubos verdes influem positivamente nos processos de decomposição e mineralização da MOS (BRANDÃO et al., 2017).

### **2.3. Matéria orgânica do solo**

Embora as emissões de CO<sub>2</sub> por atividades industriais brasileiras sejam menores as de países mais desenvolvidos, as emissões de CO<sub>2</sub> devido à exploração da terra são grandes e se devem principalmente ao desmatamento, queimadas e perda de MOS (MATA et al., 2015). Foi constatado que 70% das emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil provêm de práticas agrícolas inadequadas (GHIMIRE et al., 2017). Segundo Sofo et al. (2020), sistemas de manejo que aumentam a adição de resíduos vegetais e a retenção de C no solo constituem em alternativas viáveis para aumentar a capacidade de dreno de C-CO<sub>2</sub> atmosférico e diminuir o aquecimento global.

A MOS desempenha um papel importante na sustentabilidade agrícola, sendo de grande importância para o ciclo de C por controlar a liberação de gases para atmosfera, de melhorar a qualidade do solo disponibilizando nutrientes para as plantas e influência os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com reflexo na estabilidade da produtividade dos agroecossistemas (LAL, 2015). Além disso, a MOS se relaciona a múltiplos aspectos do ambiente e do solo e pode ser alterada com menor ou maior intensidade, dependendo do sistema agrícola, o que a torna um dos principais indicadores da qualidade do solo (ASSUNÇÃO et al., 2019).

A MOS é fonte importante de nutrientes para as plantas e apresenta cargas de superfície que colaboram para o aumento da CTC (capacidade de troca catiônica) do solo, que atuam na regulação e disponibilidade de vários nutrientes, em especial os micronutrientes, regula a temperatura e umidade do solo (BONELA et al., 2017). A MOS apresenta sensibilidade a modificações resultantes das ações antrópicas, por isso as modificações de ambientes naturais com vegetação nativa para solos agricultáveis impactam a sua composição e tem sido considerada como indicador chave de qualidade dos solos (CHERUBIN et al., 2015; COSTA et al., 2020). É na MOS que está contida a maior fonte de carbono (C) terrestre e pode variar em decorrências dos tipos de uso do solo (SANTOS et al., 2019). O teor de MOS pode variar de 5 a 50 g kg nos horizontes na maioria dos solos minerais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). No entanto, a menor qualidade do solo está relacionada com a redução nos estoques de MOS (SOARES et al., 2017).



Geralmente os aumentos nos níveis de MOS levam a uma maior produtividade das culturas, e aumenta a eficiência de utilização dos nutrientes (PAUL et al., 2013). Dessa forma, a manutenção da MOS é essencial para sustentabilidade da agricultura. Para a maioria dos solos minerais, a qualidade do solo diminui quando práticas de manejo inadequadas resultam na redução do teor de MOS (ARRUDA et al., 2012). Mudanças no uso da terra, atrelada às técnicas de manejo, podem alterar as frações da MOS e indicadores microbiológicos do solo de maneira a comprometer a sustentabilidade da produção da cultura (SILVA et al., 2021).

A retirada da vegetação natural e, conseqüentemente, a implantação de culturas agrícolas causa uma perturbação no sistema natural, tendendo a um novo estado de equilíbrio, que reflete nos atributos do solo, os quais podem ser favoráveis ou desfavoráveis para a manutenção da capacidade produtiva e a conservação do solo (SANTOS et al., 2019). Segundo Moraes et al. (2022), o acúmulo de resíduos orgânicos na superfície do solo proveniente da poda da videira irrigada, contribuiu para o maior estoque de MOS em solo sob o cultivo de videira irrigada quando comparado aos solos sob Caatinga.

Santos et al. (2019), avaliando os atributos químicos nas camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m de um Neossolos Quartzarênicos cultivado com mangueira irrigada no Vale do Submédio São Francisco, no bioma Caatinga, observaram que a deposição de resíduo na linha de plantio de cultivo influencia positivamente os estoques de COT e o C das frações de MOS, em comparação com a Caatinga. Os autores justificam que esses incrementos foram maiores na linha de plantio da mangueira irrigada devido ao manejo adotado e aplicação de esterco caprino que são anualmente depositados nesse local. Para o entendimento da dinâmica da matéria orgânica no solo de um determinado agroecossistema são necessários estudos que considerem o tempo, pois as alterações dos seus teores podem ser lentas, dependendo das condições edafoclimáticas e manejo adotado (CARDOSO et al., 2015).

Os solos cultivados com videiras em Petrolina-PE, no bioma Caatinga, apresentam estoques de C ligeiramente superiores à Caatinga, devido à aplicação anual de esterco caprino (SANTANA et al., 2022). No entanto, os valores encontrados ainda são considerados baixos (SILVA et al., 2016). Lazzaretti et al. (2019), ao estudar um Cambissolo Háplico Eutrófico no município de Liberato Salzano - Rio Grande do

Sul, no bioma Mata Atlântica, observaram que o carbono orgânico foi maior na área de mata nativa em comparação com cultivo de videira.

A MOS é formada por diferentes compartimentos com diferentes tempos e ciclagem, e as substâncias húmicas (SH) constitui o compartimento mais estável da MOS. Os resíduos orgânicos do solo são originados dos restos vegetais e animais depositados sobre o solo que sofrem transformação e leva a formação de substâncias com elevado grau de alteração, ou seja, as SH (SOARES et al., 2017). As SHs são os compartimentos mais estáveis da MOS sendo classificadas em três categorias: ácidos fúlvicos (AF), solúveis em pH ácido ou alcalino; ácidos húmicos (AH), solúveis em pH alcalino; e humina (HU), insolúvel em qualquer pH (ZECH et al., 1997; HAYES, 1998). A HU representa aproximadamente 85% do carbono orgânico do solo contido nas SH (GUERRA; SANTOS, 1999).

O fracionamento densimétrico é utilizado para isolar a MOS que não está firmemente associada à fração mineral do solo (fração leve, FL) da fração formada por complexos organo-minerais (fração pesada, FP), com intuito de entender melhor a transformação da MOS (ROSCOE; MACHADO, 2002).

Machado et al. (2014), ao estudarem os diferentes compartimentos da MOS de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de cafezais, nas profundidades de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m, em Marechal Floriano - ES, observaram que os sistemas de café provocaram redução nos estoques de carbono do solo. A implantação do cafeeiro refletiu em mudanças no comportamento das SH, apresentando valores inferiores C-FAF, C-FAH e C-HUM comparando com a floresta nativa na camada de 0,0-0,05 m de profundidade. Os autores explicaram esses resultados atribuindo a maior deposição de material vegetal (folhas, frutos, raízes e exsudados de raízes) encontrada no solo sob floresta.

Cardoso et al. (2015), avaliando o impacto do cultivo de mangueira irrigada nos estoques de C da MOS em relação à Caatinga, região do Vale do Submédio São Francisco, observaram que o cultivo de mangueira irrigada promoveu maiores estoques de COT, C das FAF, FAH e humina, C da fração pesada e matéria orgânica leve, quando comparado à Caatinga, principalmente na camada mais superficial do solo de 0,0-0,1 m. Os autores justificaram tais resultados, atribuindo aos resíduos orgânicos da cultura deixados na linha da cultura, fonte de C para o solo.

## 2.4. Indicadores microbiológicos de qualidade dos solos

A qualidade do solo pode ser quantificada pelo nível que este se encontra em equilíbrio, através de indicadores biológicos de qualidade do solo (GOMES et al., 2015). Os indicadores biológicos de qualidade do solo são constituintes vivos, que estão presentes na camada mais superficial do solo. São representados por uma grande diversidade de microrganismos que desempenham funções benéficas no solo. Por ser esse um indicador sensível é possível detectar modificações provenientes do manejo do solo.

A biomassa microbiana, a respiração basal do solo (RBS), o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e microbiano ( $qMIC$ ) estão entre os principais atributos microbiológicos utilizados para observar a dinâmica da matéria orgânica do solo (SILVA et al., 2021). Os bioindicadores são atributos biológicos dentro do solo que indicam a situação do ecossistema (CHERUBIN et al., 2015). As técnicas empregadas no manejo e conservação do solo influenciam na sua constituição e transformação ao longo do tempo, podendo toda a biota do solo sofrer desequilíbrio, de maneira favorável ou não, por essas ações (SILVA et al., 2021).

O uso de indicadores microbiológicos é uma importante ferramenta, pois pode medir a qualidade do solo e o nível de equilíbrio a qual aquele solo está sujeito, e dessa forma pode auxiliar na detecção de práticas agrícolas sustentáveis (GOMES et al., 2015). A qualidade do solo esta diretamente ligada às funções que o solo tem de armazenar e reciclar água, nutrientes e energia. Os solos são submetidos a um novo estado de equilíbrio quando são utilizados para cultivos agrícolas, assim as suas propriedades se manifestam e estas podem ser desfavoráveis à manutenção da sua qualidade (CARDOSO et al., 2017). A qualidade do solo pode diminuir por consequência das mudanças no tipo de uso da terra em áreas anteriormente ocupadas por Caatinga (ASSUNÇÃO et al., 2019).

A qualidade de um solo deve ser estimada a partir de vários indicadores e não apenas de forma isolada (ARAÚJO et al., 2012). A biomassa microbiana do solo tem sido utilizada como indicador de alterações e de qualidade de sistemas capazes de refletir as mudanças de uso do solo (FERNANDES et al., 2013). Bem como, a presença de microrganismos benéficos do solo, como, por exemplo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), pois o número de esporos de FMAs no solo aumenta ou diminui em resposta à mudança no uso do solo (PEREIRA et al., 2021).

A biomassa microbiana do solo é um componente essencial da matéria orgânica que regula a ciclagem de nutrientes no solo (GOMES et al., 2015). Os microrganismos presentes no solo degradam o material de origem orgânica, transformando-o em nutrientes disponíveis para as plantas, resultando também em aumento da RBS devido à crescente atividade microbiana do solo (MEDEIROS et al., 2018). O qMIC, expressa a quantidade de carbono orgânico do solo imobilizado na biomassa microbiana, considerando que valores mais elevados de qMIC indicam haver um aumento da CBM em relação ao COT, ocasionando uma maior eficiência no seu uso pelos microrganismos (GUIMARÃES et al., 2017). Um baixo qCO<sub>2</sub>, geralmente indica economia na utilização de energia e reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio (SILVA et al., 2021). De modo contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio, refletindo na alta utilização de energia (DORNELLES et al., 2017).

Colodel et al. (2018), ao avaliarem indicadores microbiológicos de qualidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico no estado do Mato Grosso, constataram que a RBS e qMIC não diferiram nos solos sob cultivo de café em relação aos sistemas de vegetação nativa. Os autores explicaram esses resultados atribuindo ao manejo conservacionista adotado no solo sob cultivo de café. De acordo com Lazzaretti et al. (2019) os sistemas de cultivo, inclusive com videira, estão causando degradação da qualidade química e biológica do solo, no entanto, estes efeitos negativos são menores quando os sistemas utilizados são mais conservacionistas.

Outro indicador microbiológico de qualidade do solo que tem sido bastante usado é a presença de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), sendo esse de suma relevância para a avaliação de diferentes formas de manejo do solo, influenciando no aumento da absorção de nutrientes em solos pobres e degradados, favorecendo os processos de conservação do solo (ALVES et al., 2014).

Pereira et al. (2021), avaliaram o comportamento dos FMAs em um argissolo vermelho-amarelo cultivados com manga e o manejo adotado com e sem o revolvimento do solo, em diferentes fases fenológicas em Petrolina-PE, no bioma Caatinga, na camada de 0,0-0,1 m. O manejo de mangueiras sem revolvimento do solo estimulou a produção de esporos de FMA. Os autores justificam que o acúmulo

de fitomassa na superfície do solo produziu maior número de esporos de FMA no solo do pomar de mangueiras.

Silva et al. (2021), ao estudarem a atividade microbiana no solo em diferentes sistemas de cultivo com frutíferas (laranja e banana), em Latossolo Vermelho distrófico no município de Caracaraí-RO, no bioma Amazônia. O CBM não diferiu estatisticamente quando se comparou o manejo adotado nas frutíferas em relação ao ambiente natural (mata nativa), na camada de 0,0-0,1 m do solo. No entanto, houve um aumento na quantidade de microrganismos nos solos cultivados. Segundo os autores, o manejo aplicado nesta área com as podas das plantas e depositadas na rizosfera das plantas pode ter promovido maior acúmulo de matéria orgânica ao solo.

## 2.5 REFERÊNCIAS

ALVES, J.M.; MARTINS, R.C.; FREITAS, R.A.; BARRELA, T.P.; CAMPOS, A, N, R. Effect of green fertilization with legume plants species in Coffee mycorrhization. **RBAS**, v.4, n.1, p.11-16, julho, 2014.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **R. Bras. Tec. Aplic. Ciên. Agr.**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

ARCOVERDE, S.N.S.; CORTEZ, J.W.; PEREIRA, J.S. Physical attributes of soil under different use in semiarid baiano. **Holos**, 34, vol. 04, 2018.

ARRUDA, L.E.V.; BATISTA, R.O.; VALE, H.S.M.; COSTA, L.R.; SILVA, K.B. Uso de metodologia participativa na obtenção de indicadores da qualidade do solo em Mossoró-RN. **R. Verde** (Mossoró – RN), v. 7, n. 5, p. 25-35, out-dez, 2012 (Edição Especial) (Nota Técnica).

ASSUNÇÃO, S.A.; PEREIRA, M.G.; ROSSET, J.S.; BERBARA, R.L.L.; GARCIA, A.C. Carbon input and the structural quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil. **Science of the Total Environment** 658, 901–911, 2019.

BOGIANI, J.C.; FERREIRA, A.C.B.; BORIN, A.L.D.C.; SOFIATTI, V.; PERINA, F.J. **Sequestro de carbono em sistemas de produção de soja, milho e algodão em solo arenoso do Cerrado da Bahia**. Campinas: Embrapa Territorial, 29 p., 2020.

BONELA, G.D.; SANTOS, W.P.; SOBRINHO, E. A.; GOMES, E.J.C. productivity and quality of radish roots cultivated under different residual sources of organic matter. **R. Bras. de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.7, n.2, p.66-74, junho, 2017.

- BRANCO, D.K.S.; BARROS, E.S. Impactos da ferrovia transnordestina na exportação de uva do Vale Submédio São Francisco. **R. Econ. NE**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 31-45, jan./mar., 2017.
- BRANDÃO, S.S.; GIONGO, V.; OLSZEWSKI, N.; SALVIANO, A.M. Coquetéis vegetais e sistemas de manejo alterando a qualidade do solo e produtividade da mangueira. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.10, n.04, p. 1079-1089, 2017.
- BRITO, R.F.; NETO, M.F.; DIAS, N.S.; HOLANDA, J.S.; LIRA, R.B.; GOMES, J.W.S. Morphology and soil fertility in semiarid production areas. **R. Ci. Agrár**, 40(3): 525-532, 2017.
- CARDOSO, J. A. F.; LIMA, A. N.; CUNHA, T. J. F.; RODRIGUES, M. S.; AMARAL, A. J.; OLIVEIRA-NETO, B. N. Organic matter fractions in a quartzipsamment under cultivation of irrigated mango in the lower são francisco valley region, Brazil. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 39, n. 4, p. 1068-1078, 2015.
- CARDOSO, J.A.F.; LIMA, A.M.N.; CUNHA, T.J.F.; RODRIGUES, M.F.; HERNANI, L.C.; CUNHA, J.C.; AMARAL, A.J.; NETO, M.B.O. Changing in chemical and physical attributes of a Sandy soil under irrigated mango cultivation in semiarid region. **Comunicata Scientiae** 8 (3): 404-413, 2017.
- CARVALHO, JLN, NOGUEIROL, RC, MENANDRO, LMS, BORDONAL, RDO, BORGES, CD, CANTARELLA, H., FRANCO, HCJ. Implicações agrônômicas e ambientais da remoção da palha da cana-de-açúcar: uma revisão importante. **Glob. Change Biol. Bioenergy**, 9, 1181-1195, 2016.
- CASTRO, S. S.; HERNANI, L.C. (Ed.). **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade**. Brasília: Embrapa Semiárido, p. 207-239, 2015.
- CEPEA. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. janeiro de 2022/julho de 2022 -HORTIFRUTI BRASIL [internet]. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/diarias-de-mercado/uva-cepea-exportacoes>. Acessado em 10 set 2022.
- CHERUBIN, M. R; EITELWEIN, M.T; FABBRIS, C; WEIRICH, S. W; SILVA, R. F; SILVA, V. R; BASSO, C. J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 39, p. 615-625, 2015.
- COLODEL, J.R.; PIERANGELI, M.A.P.; SOUZA, M.F.P.; CARVALHO, M.A.C.; DALCHIAVON, F.C. Atributos físicos e biológicos de argissolo vermelho--amarelo amazônico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Ci. Agrár**, 41(2): 287-297, 2018.
- COSTA, A. A; MACHADO, E. B. N; LUDUVICO, G. A; MACEDO, I. L. M. Atributos físicos e estoque de carbono em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado do Oeste da Bahia. **Braz. Jour. Of Devel.**, v. 6, n. 5, p. 32294- 32306, 2020.

COSTA, H.S; SANTOS, T. S.; CÂNDIDO, J. S; JESUS, L. M.; SOUZA, T. A. A.; MARTINS, J. C. Indicadores químicos de qualidade de solos em diferentes coberturas vegetais e sistemas de manejo. **R. Fitos**, Rio de Janeiro. Suplemento. 42-48, 2019.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v.16, p.56-63, 2012.

DONAGEMMA, G.K.; FREITAS, P.L.; BALIEIRO, F. C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J.F.; VIANA, J. H. M.; FILHO, J.C.A.; SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE, M. R.; MACEDO, M. C. M.; Teixeira, P.C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.51, n.9, p.1003-1020, set. 2016.

DORNELLES, H. de S; MATSUOKA, M; BINELO, L. A; PAUVELS, L. A; CARON, C. M; SILVA, V. R. Biomassa e Atividade Microbiana de Solos com aplicação de resíduo sólido urbano e dejetos líquidos de suínos: biomassa e atividade microbiana de solos com aplicação de resíduos sólidos urbanos e dejetos líquidos de suínos. **RBCIAMB**, São Carlos - SP, v. 44, n. 18, p. 18-26, 17 mar. 2017.

FAO. **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação**. 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 9 set. 2020.

FERNANDES, M.M; SILVA, M.D; VELOSO, M. E. C; OLIVEIRA, T. M; FERNANDES, M. R. M. & SAMPAIO, F. M. T. Biomassa microbiana e matéria orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-manso solteiro e consorciado com gramínea no Sudoeste do Piauí. **R. Bras. de Ciênc. Agrar.**, v. 8, p. 464-469, 2013.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I.A.; SILVA, L.S.; FRARE, J.C.V.; FILLA, V.A.; GOMES, R.P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **R. Unimar Ciências-ISSN 1415-1642**, Marília/SP, V. 26, (1-2), pp. 08-25, 2017.

GHIMIRE, R.; NORTON, U.; BISTA, P.; OBOUR, A. K.; NORTON, J. B. Soil organic matter, greenhouse gases and net global warming potential of irrigated conventional, reduced-tillage and organic cropping systems. **Nutr Cycl Agroecosys**, v. 107, p. 49–62, 2017.

GOMES, S. S.; GOMES, M. S.; GALLO, A. S.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; SILVA, R. F. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **R. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**, v. 114, p. 30-37, 2015.

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A. Métodos químicos e físicos. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo em ecossistemas tropicais e subtropicais. **Gênese**, 49, 1999.

GUIMARÃES, N.F.; GALLO, A.S.; FONTANET, A.; MENEGHIN, S.P.; SOUZA, M.D.B.; MORINIGO, K.P.G.; SILVA, R.F. Biomass and soil microbial activity in different systems of coffee cultivation. **R. Ci. Agrár**, 40(1): 34-44, 2017.

HAYES, M. H. B. **Humic substances: Progress towards morerealistic concepts of structures**. In: DAVIES, G.; GHABBOUR, E.A. Eds. Humic substances: Structures, properties and uses. Cornwall, MPG Books, p. 1-27, 1998.

LAL, R. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. **Sustentabilidade**. 7 (5), 5875-5895, 2015.

LAZZARETTI, G.; MATSUOKA, M.; BETTIO, I.; PAVEGLIO, S. S.; SHALLEMBERGER, J.B.; SOMAVILLA, L. Impacto de diferentes sistemas agrícolas e florestal na qualidade química e biológica do solo de uma propriedade rural. **R. GeAS**, v. 8, p. 330, 2019.

LEMMA, B.; KEBEDE, F.; MESFIN, S.; FITIWY, I.; ABRAHA, Z.; NORRGROVE, L. Quantifying annual soil and nutrient lost by rill erosion in continuously used semiarid farmlands. **Environ. Earth Sci.**, v.76, p. 190-198, 2017.

LIMA, A. C. R.; BRUSSAARD, L.; TOTOLA, M. R.; HOOGMOEDD, W. B.; GOEDE, R. G. M. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. **Appl. ScienceDirect**, v. 64, p. 194–200, 2013.

MACHADO, L. V.; RANGEL, O. J. P.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014.

MARTÍN, J. A. R.; ÁLVARO-FUENTES, J.; GABRIEL, J. L.; GUITIÉRREZ, C.; NANOS, N.; ESCUER, M.; RAMOS-MIRAS, J. J.; GIL, C.; MARTÍN-LAMMERDING, D.; BOLUDA, R. Soil organic stock on the Majorca Island: Temporal change in agricultural soil over the last 10 years. **Catena**, v. 181, n. 104087, 2019.

MATA, M.V.M.; HOELZEMANN, J.; NETO, E.R.S.; AGUIAR, A.P.D.; VIEIRA, R.M.S.P.; ASSIS, T.; OMETTO, J.P. Emissões de CO<sub>2</sub> Provenientes do Uso e Mudanças no Uso da Terra no Bioma Caatinga no Nordeste Brasileiro. **R. Bras. Geogr. Fis.**, Vol. 08, n. 01, 144-155, 2015.

MEDEIROS, E. J. T.; CAVALCANTE, F. G.; SILVA, M. A.; SILVEIRA, S. C.; MARTINS, C. M. Diversidade cultura de Cepas de actinobactérias do semiárido. **Enciclop. Biosfera**, v.15 n.27. 2018.

MELO, V.F; SILVA, D.T; EVALD, A; ROCHA, P.R.R. Chemical and biological quality of the soil in different systems of use in the savanna environment. **Rev. Agro@. on-line**, v.11, n. 2, p. 101-110, 2017.

MENEZES, R.S.C.; SALES, A.T.; PRIMO, D.C.; ALBUQUERQUE, E.R.G.M.; JESUS, K.N.; PAREYN, F.G.C. Estoques de carbono do solo e da vegetação após mudanças no uso da terra em uma floresta tropical sazonalmente seca. **Geoderma**, 390, 114943, 2021.



MORADI, M.; IMANI, F.; NAJI, H.R.; BEHDAHANI, S. M.; AHMADI, M.T. Variation in soil carbon stock and nutrient content in sand dunes after afforestation by *Prosopis juliflora* in the Khuzestan province (Iran). **iForest** 10: 585-589, 2017.

MORAES, J.L.; SILVA, G.S.; FILHO, G.S.T.; ARAÚJO, C.A.S.; OLIVEIRA, F.F. Chemical fractionation of soil organic matter under diferente croppings systems. **R. Ci. Agrár.**, v. 65, 2022.

MOREIRA, F.M.S. SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

OU, H.-P., LIU, X.-H., CHEN, Q.-S., HUANG, Y.-F., HE, M.-J., TAN, H.-W., XU, F.-L., LI, Y.-R., GU, M.-H. Agregados estáveis à água e carbono associado em solo subtropical de arroz sob preparo variável. **R. Bras. Ciênc. Solo**. 40, 1-13, 2016.

PAUL, B. K.; VANLAUWE, B.; AYUKE, F.; GASSNER, A.; HOOGMOED, M.; HURISSO, T. T.; KOALA, S.; LELEI, D.; NDABAMENYE, T.; SIX, J.; PULLEMAN, M. M. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 164, p. 14-22, 2013.

PEREIRA, V.S.; GIONGO, V.; LIMA, R.L.F.A. Arbuscular Mycorrhizae as a Biological Indicator for Selection Models of Multifunctional Agroecosystems: 2. Fruit tree. **R. Bras. Geogr. Fís.**, v.14, n.05, 3108-3124, 2021.

REIS, D.A.; LIMA, C.L.R.; BANBERG, A.L. Physical quality and organic matter fractions of an Alfisol under no-tillage. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.9, p.1623-1632, set. 2016.

ROSA, D.M.; NÓBREGA, L.H.P.; MAULI, M.M.; LIMA, G.M.; PACHECO, F.P. Substâncias húmicas do solo cultivo com plantas de cobertura em milho e soja. **R. Ciênc. Agron.** 48, 221-230, 2017.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 02. 86 p. 2002. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/38820/1/LV20023.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

SALVIANO, A.M.; CUNHA, T.J.F.; OLSZEWSKI, N.; NETO, M.B.O.; GIONGO, V.; QUEIROZ, A.F.; MENEZES, F.J.S. Potencialidades e limitações para o uso agrícola de solos arenosos na região semiárida da Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 28, n.2, p.137-148, abr./jun. 2016.

SANTANA, A. S. et al. Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo no sul do estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v.6, n.1, p. 43-50, 2017.

- SANTANA, M.S.; ANDRADE, E.M.; SAMPAIO, E.V.S.B.; FERREIRA, T.O.; SALVIANO, A.M.; SILVA, D, J.; CUNHA, T.J.F.; GIONGO, V. Os agrossistemas alteram os estoques de carbono e nutrientes do solo em um ambiente semiárido? **J. de Amb. Árid.** 201 104747, 2022.
- SANTOS, S.C.; LIMA, A.S.; SANTOS, A.F.; GUERREIRO, A.C.; ABRANTES, J.V. Qualidade biológica dos solos sob sistemas de uso na fazenda experimental de São Domingos-PB. **R. Ibero-Americana e Ciências Ambientais**, v 12, n.10, p.11-24, 2021.
- SANTOS, L.R.; LIMA, A.M.N.; CUNHA, J.C.; RODRIGUES, M.S.; SOARES, E.M.B.; SANTOS, L.P.A.; SILVA, A.V.L.; FONTES, M.P.F. Does irrigated mango cultivation alter organic carbon stocks under fragile soils in semiarid climate? **Scientia Horticulturae**, 255: 121-127, 2019.
- SILVA, D.J.; BASSOI, L.H.; ROCHA, M.G.D.; SILVA, A.O.D.; DEON, M.D.I. Orgânicos e adubação nitrogenada do solo sob videira 'Syrah': efeitos nas propriedades químicas do solo e na concentração de nitrato. **Rev. Bras. Cien. So.**, v. 40 e0150073, 2016.
- SILVA, G. F; SANTOS, D; SILVA, A. P; SOUZA, J. M. et al. Indicadores de Qualidade do Solo sob diferentes sistemas de uso na Mesorregião do Agreste Paraibano. **R. Caat.**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 25 – 35, jul. – set., 2015.
- SILVA, H.S.; CHAVES, J. S.; NASCIMENTO, J.P.S.; MATOS, S.M.; NETO, A.F.B.; LEITE, J.L.; PEREIRA, H.R.; BRITO, W.A. Actividad microbiana del suelo en un sistema de producción en consorcio. **Research, Society and Development**, v. 10, n.14, e534101422366, 2021.
- SILVA, M.O.; SANTOS, M.P.; SOUSA, A.C.P.; SILVA, R.L.V.; MOURA, I.A.A.; SILVA, R.S.; COSTA, K.D.S. Soil quality: biological indicators for sustainable management. **Braz. J. Dev.**, Curitiba, v.7, n.1, p.6853-6875Jan. 2021.
- SILVA, M.O.; VELOSO, C.L.; NASCIMENTO, D.L.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, D.F.; COSTA, K.D.S. Chemical and physical indicators of soil quality. **Braz. J. Dev.**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, jul. 2020.
- SILVA, R.M.; HENRRIQUE, I.G.M.; CAZE, J.F. Simulação das mudanças de uso e ocupação do solo e seus efeitos nas características hidrossedimentológicas em uma bacia do bioma caatinga. **R. Bras. Geogr.**, (Recife) V. 35, n. 1, 2018.
- SOARES, J. D. R.; REZENDE, R. A. L. S.; REZENDE, R. M.; BOTREL, E. P.; CARVALHO, A. M. Compostagem de resíduos agrícolas: uma fonte de substâncias húmicas. **Sci. Agrar**. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 4, out./dez., p. 414-421, 2017.
- SOBUCKI, L; RAMOS, R. F; BELLÉ, C; ANTONIOLLI, Z. I. Manejo e qualidade biológica do solo: uma análise. **Rev. Agron. Bras.**, v. 3, n.4, 2019.

SOFO, A., NICOLETTA, M., A., RICCIUTI, P. 2020. Comparing the effects of soil fauna on litter decomposition and organic matter turnover in sustainably and conventionally managed olive orchards. **Geoderma**, v. 372, 114393, 2020.

SOUZA, M.S.; JARDIM, A. M.R.F.; JUNIOR, G.N.A.; SILVA, J.R.I.; LEITE, M.L.M.V.; TEIXEIRA, V.I.; SILVA, T.G.F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Pubvet**. v.12, n.5, a91, p.1-9, Mai., 2018.

VALANI, G. P.; VEZZANI, F. M.; CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V. (2020). Soil quality: Evaluation of on-farm assessments in relation to analytical index. **Soil Till. Res.** 198 104565, 2020.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; BENITES, V.M.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G.; GUARESCHI, F. R. Carbon and nitrogen stocks and humic fractions in brazilian organosols. **R. Bras. Ci. Solo.** 40:e0151317, 2016.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIAN, T. M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and 83 mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, n. 4, p. 117-161, 1997.

### 3. ARTIGO 1

## FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS FRÁGEIS CULTIVADOS COM VIDEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

### RESUMO

A intensa atividade de sistemas agrícolas, tal como, a fruticultura irrigada em áreas anteriormente ocupadas por Caatinga, pode causar alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. A matéria orgânica do solo (MOS) constitui um dos atributos sensíveis à mudança de uso do solo, considerando as condições climáticas do semiárido, solos frágeis (solos arenosos) e o manejo adotado como a deposição de resíduos orgânicos de poda, fibra de coco, adubação com esterco caprino, alta disponibilidade de água e nutrientes. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar, em dois anos consecutivos (2020 e 2021), a influência do cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) nos estoques de C das frações da MOS em relação à Caatinga em Neossolo Quartzarênico na região do Vale do Submédio São Francisco. Nas áreas sob videira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga (referência) foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. Após a coleta e preparo das amostras, foram determinados os estoques de carbono orgânico total (COT), C das Substâncias Húmicas (SH) (fração ácidos fúlvicos - FAF, fração ácidos húmicos - FAH e fração huminas - FH), fração Leve (FL) e fração Pesada (FP) da MOS. O efeito do cultivo de videira irrigada nos estoques de C dos compartimentos da MOS é influenciado positivamente pela área de deposição de resíduos. A aplicação de esterco caprino, poda e a fertilização mineral constituiu estratégias de manejo para possibilitar melhorias na qualidade do solo, em função dos aumentos nos estoques de COT, C da FH e SH na linha de plantio. Nos dois anos de avaliação das práticas de manejo adotadas no cultivo de videira irrigada em solo frágil no semiárido, houve sequestro de COT.

**Palavras-chave:** Carbono orgânico total, substâncias húmicas, fracionamento físico, mudança de uso, *Vitis vinifera*.

## FRACTIONS OF ORGANIC MATTER IN FRAGILE SOILS CULTIVATED WITH IRRIGATED VINE IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID.

### ABSTRACT

The intense activity of agricultural systems, such as irrigated fruit growing in areas previously occupied by Caatinga, can cause changes in physical, chemical and biological soil attributes. Soil organic matter (SOM) is one of the sensitive attributes to soil use change, considering the climatic conditions of the semiarid, fragile soils (sandy soils) and the management adopted as the deposition of organic pruning residues, coconut fiber, fertilization with goat manure, high availability of water and nutrients. Thus, the present study aimed to evaluate, in two consecutive years (2020 and 2021), the influence of irrigated vine cultivation (line and interrow) on c stocks of OSM fractions in relation to the Caatinga in Quartzarenic Neosol in the São Francisco Valley region. In the areas under irrigated vine (line and interrow) and Caatinga (reference) soil samples were collected in the layers of 0-0.2 and 0.2-0.4 m depth. After the collection and preparation of samples, the stocks of total organic carbon (TOC), Humic Substances C (HS) (fraction of fulvic acids – FAF, humine acid fraction – HAF and humine fraction – HF)), Light Fraction (LF) and Heavy Fraction (HF) of MOS were determined. The effect of irrigated vine cultivation on the carbon stocks of MOS compartments is positively influenced by the waste deposition area. The application of goat manure, pruning and mineral fertilization constituted management strategies to enable improvements in the soil quality, due to the increases in TOC, C of the HF and HS stocks in the planting line. In the two years of evaluation of management practices adopted in the cultivation of irrigated vines in fragile soil in the semi-arid region, there was sequestration of TOC.

**Keywords:** Total organic carbon, humic substances, physical fractionation, change of use, *Vitis vinifera*.

## INTRODUÇÃO

No semiárido brasileiro, a uva se destaca entre as principais frutas exportadas especificamente no Vale do Submédio São Francisco, por esse ser um grande polo de produção de frutas (SILVA et al., 2016). A região do Vale do São Francisco se destaca pela expressiva produção de uva (460.104 toneladas) e produtividade (44,32 t na<sup>-1</sup>), sendo esta responsável por 97% das uvas de mesa produzidas (*Vitis vinifera* L.) os quais são exportadas (IBGE, 2021).

A mudança de uso do solo da vegetação nativa para sistemas agrícolas, como a fruticultura irrigada, pode levar a alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (ARCOVERDE et al., 2018), influenciada pelas práticas de manejo adotadas e condições edafoclimáticas. Além disso, a remoção da cobertura vegetal pode resultar na decomposição da matéria orgânica do solo (MOS), alterando os processos de ciclagem de nutrientes (SOUZA et al., 2018).

Apesar das elevadas temperaturas, baixa pluviosidade e baixa produção de biomassa do semiárido brasileiro limitar o acúmulo de MOS (MAIA et al., 2006), em áreas sob fruticultura irrigada, com disponibilidade de água e elevadas temperaturas, há o favorecimento da mineralização e acúmulo da MOS, alterando o ciclo de C (SANTANA et al., 2019).

O semiárido brasileiro apresenta uma grande proporção das áreas agrícolas sob solos frágeis, como os Neossolos Quartzarênicos, apresentando baixa fertilidade do solo, elevadas taxas de drenagem, textura arenosa e estrutura de grão simples, apresentando assim baixa resiliência (BRITO et al., 2017). Além disso, os solos arenosos apresentam baixa capacidade de proteção física e coloidal da MOS, em função da baixa formação de complexos argilo-orgânico (MORADI et al., 2017). Os solos frágeis são aqueles que estão perdendo aceleradamente o potencial produtivo, ou seja, a capacidade de suprir em nutrientes, água e oxigênio para as plantas, em função da intensidade de uso e manejo aos quais têm sido submetidos (SALVIANO et al., 2016).

A qualidade do solo é influenciada pelos compartimentos da MOS, estando envolvido em vários processos. A MOS e seus compartimentos influenciam vários atributos do solo, como densidade, agregação, porosidade, retenção de água, resistência à erosão, potencial de infiltração e lixiviação, capacidade de troca iônica,

disponibilidade de nutrientes, além de ser fonte de energia e nutrientes para os microrganismos (CARVALHO et al., 2016).

Na avaliação do uso da terra e sistema de manejo deve-se considerar a MOS e sua relação com as condições edafoclimáticas e manejo, buscando o estabelecimento de estratégias de uso sustentável dos solos. Considerando que a MOS é composta por vários compartimentos com diferentes tempos de ciclagem e os compartimentos mais estáveis da MOS (substâncias húmicas) são quantitativamente dominantes em condições tropicais (VALLADARES et al., 2016), alterações na MOS em função de mudança de uso da terra podem não ser facilmente perceptíveis em um curto intervalo de tempo.

Com isso, o estudo acerca da dinâmica da MOS não deve se restringir ao carbono orgânico total (COT), devendo-se considerar as substâncias húmicas (HS), cujo aumento das frações ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF) podem favorecer o sequestro de C (OU et al., 2016), e a fração leve (FL) da MOS, sendo um indicador mais sensível de mudanças na qualidade do solo (REIS, et al., 2016). O fracionamento químico e físico avaliando a dinâmica da MOS possibilita obter diferentes compartimentos orgânicos, com resposta distintas às diferentes práticas de uso da terra e manejo (ROSA et al., 2017). As SH são compostas por macromoléculas amorfas humificadas, contribuindo com aproximadamente 85-90% do COT em solos minerais, formadas pelos AF, AH e humina (PFLEGER et al., 2017). A FL é a fração não viva da MOS encontrada em menor proporção, formada principalmente por resíduos vegetais em vários estágios de decomposição (SOUZA et al., 2019).

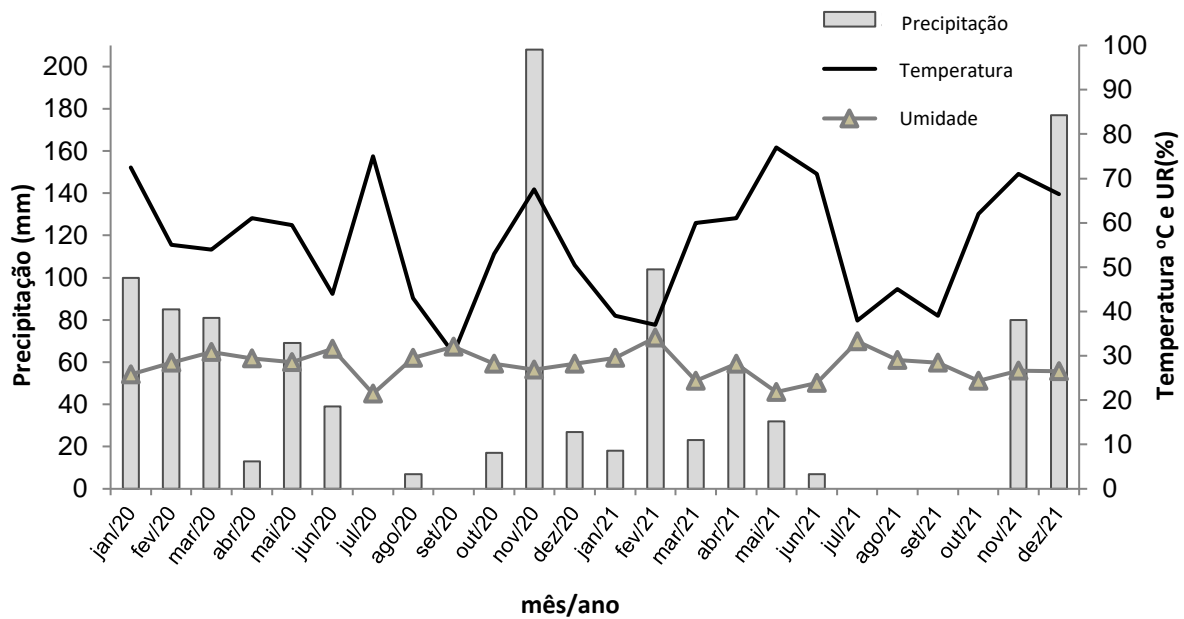
Pouco se sabe sobre o efeito que a substituição da Caatinga pelo cultivo de videira irrigada pode causar nos estoques de C das frações da MOS, principalmente em solos frágeis. Além disso, não há estudos que considerem a localização da amostragem do solo (linha e entrelinha de plantio) e a dinâmica da MOS.

Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar, em dois anos consecutivos (2020 e 2021), a influência do cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) nos estoques de C das frações da MOS em relação à Caatinga em Neossolo Quartzarênico no semiárido brasileiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente estudo foi realizado na Fazenda Santa Felicidade, situada na cidade de Casa Nova – BA, Brasil. A região é caracterizada pelo bioma Caatinga e a área em estudo está nas coordenadas geográficas, latitude 9°24'29''S, longitude 41°9'29''O. O clima da região é BSh (semiárido), segundo a classificação de Köppen, com baixo índice pluviométrico durante todo ano (400 mm a 800 mm) e temperatura média anual de 26,3 °C (ALVARES et al., 2013). Os dados climáticos de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar nas épocas de amostragem de solo estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1.** Precipitação total (acumulada), temperatura média e umidade relativa do ar de janeiro de 2020 a dezembro de 2021. Fonte: Estação Agrometeorológica de Petrolina –



INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – Petrolina, PE. Fonte: Estação Meteorológica da Fazenda Santa Felicidade – Casa Nova, BA.

O solo da área em estudo é classificado como Neossolo Quartzarênico (Santos et al., 2013) e a caracterização está apresentada na tabela 1.



Profundidades	Usos do Solo	pH	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	CTC	P	Areia	Silte	Argila	DS
m		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----									mg dm <sup>-3</sup>	-----dag kg <sup>-1</sup> -----			g cm <sup>-3</sup>
0,0-0,2	Videira irrigada (linha)	6,12	0,10	0,04	0,54	5,33	0,20	0,96	6,01	6,97	75,33	92,50	4,40	3,10	1,43
0,2-0,4		6,17	0,08	0,00	0,35	4,66	0,15	0,88	5,09	5,97	32,87	93,34	3,86	2,80	1,57
0,0-0,2	Videira irrigada (entrelinha)	5,68	0,05	0,00	0,08	4,10	0,20	1,13	4,23	5,36	10,61	92,41	3,29	4,30	1,66
0,2-0,4		6,07	0,08	0,00	0,17	4,14	0,20	1,38	4,39	5,77	8,99	92,48	3,12	4,40	1,61
0,0-0,2	Caatinga	5,80	0,05	0,00	0,03	3,75	0,35	1,95	3,83	5,78	1,68	92,20	4,40	3,40	1,66
0,2-0,4		5,83	0,03	0,00	0,00	3,35	0,30	1,62	3,39	5,01	0,77	92,76	2,74	4,50	1,72

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo sob cultivo de videira irrigada e Caatinga em Casa Nova-BA pH H<sub>2</sub>O (1:2,5); P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>: Mehlich-1; Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al (acidez potencial): acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; SB: soma base; CTC: capacidade de troca de cátions (SB + H+A); Análise granulométrica pelo método de pipeta; DS: densidade do solo (Teixeira, 2017).

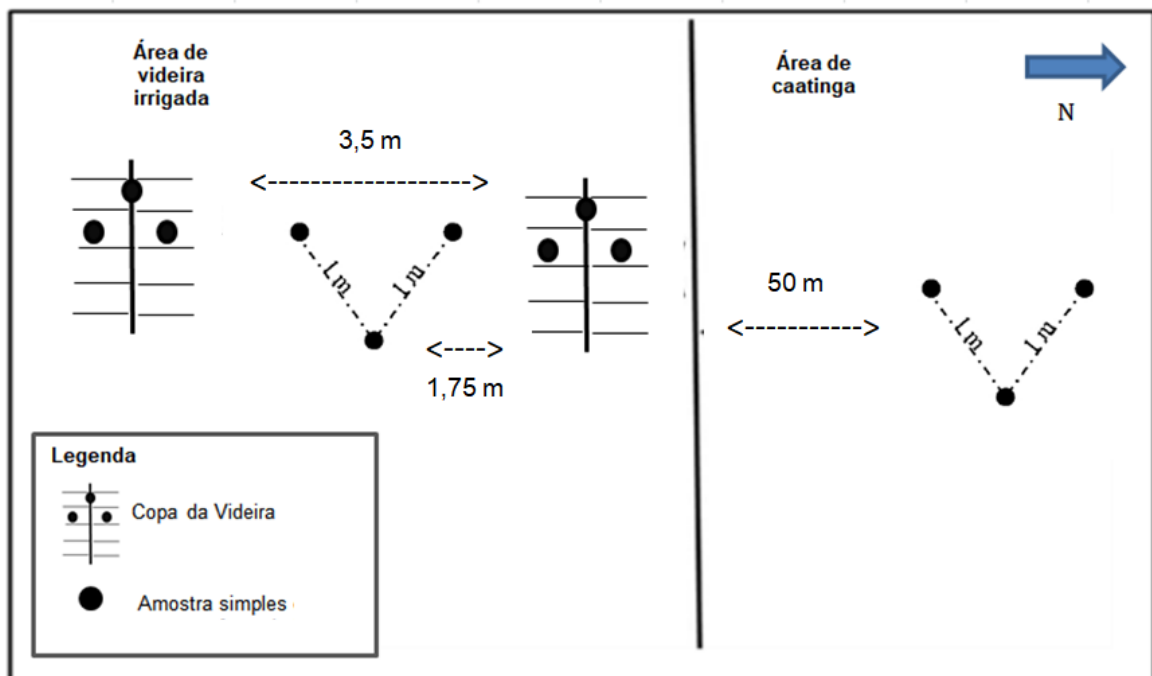
As amostras de solo foram coletadas em dois anos consecutivos (julho de 2020 e 2021), em uma área de 5 anos sob cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) e mata nativa (Caatinga Hiperxerófila). A Caatinga (tomada como referência) está localizada aproximadamente 50 m de distância da videira irrigada, e sob a mesma classe de solo.

A área com videira irrigada foi ocupada pela Caatinga até meados de 2015. Após a remoção da Caatinga os resíduos vegetais foram removidos da área e o solo foi preparado (aração e gradagem) para o plantio da videira. Em seguida, o pH do solo foi corrigido pela aplicação de calcário dolomítico para aumentar o pH a 5,5-6,0 para favorecer o desenvolvimento do sistema radicular das mudas de videira. A correção do pH do solo, quando necessário, também foi realizada anualmente, após cada ciclo de produção. A variedade de videira implantada foi a BRS Vitória e o porta enxerto 313, plantada no espaçamento de 3,5 x 2,0 m, onde a adubação mineral por ciclo foi de 418 kg na<sup>-1</sup> de sulfato de potássio, 522 kg na<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio, 330 kg na<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio, 165 kg na<sup>-1</sup> de Amiorgan e 33 kg na<sup>-1</sup> de MKP. Também foram realizadas adubações de coberturas (N, K, S) e micronutrientes (B, Zn) para atender a demanda da cultura. Anualmente, foram aplicados na linha de plantio 28,57 m<sup>3</sup> na<sup>-1</sup> de esterco de caprinos e 60 m<sup>3</sup> na<sup>-1</sup> de fibra de coco a cada 2 anos. Foi aplicado também 0,002 m<sup>3</sup> na<sup>-1</sup> do fungicida e bactericida microbiológico *Bacillus subtilis*, com o nome comercial de Serenad<sup>®</sup>, em duas épocas (pré e pós-poda) via fertirrigação na linha de plantio. A aplicação foi realizada com o objetivo de prevenir diversos fungos patogênicos do solo que infectam as raízes das plantas e estimular o crescimento do sistema radicular com base na produção de auxinas, promovendo o aumento da absorção de água e nutrientes.

O sistema de irrigação utilizado é o localizado por meio de difusor, com uma vazão de 27 L hora<sup>-1</sup>, o cálculo de irrigação foi realizado com base nas informações de evapotranspiração de referência (Eto), com base em parâmetros medidos pela estação meteorológica dentro da fazenda, pelo coeficiente da cultura (Kc) de acordo com cada fase fenológica da videira, procurando-se atender a demanda hídrica da planta. A linha e entrelinha de plantio foram mantidas sem plantas daninhas por meio de capinas mecânicas e aplicação de herbicidas. Na entrelinha foi feito revolvimento do solo sempre que necessário, uma vez por ciclo, com o uso de implementos agrícolas como arado de aiveca e gradão para rebaixamento e limpeza das ruas. Após

a colheita, a cada quatro meses, foram realizadas as podas de produção, mantendo-se os resíduos orgânicos na linha de plantio. Todas as práticas culturais como poda, manejo nutricional, manejo de pragas, doenças, plantas invasoras e colheita seguiram as Normas Técnicas da Produção Integrada de Uva (HAJI et al., 2003).

Para avaliação dos estoques de C das frações da MOS, os solos foram coletados na linha e entrelinha da videira e na Caatinga. Para cada área, 10 amostras compostas de solo distribuídas aleatoriamente na área foram coletadas nas camadas 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. Na área de videira, as amostras foram coletadas na linha de plantio, região da projeção da copa, e nas entrelinhas na distância de 1,75 m do caule da planta. Na área sob Caatinga foi coletada uma única amostra no centro do ponto e outras duas foram coletadas em um raio de 1 m a partir deste ponto (Figura 2). Dessa forma, foram coletadas três amostras simples de cada profundidade para a obtenção de uma amostra composta. As coletas de solo foram realizadas na época em que a videira se encontrava entre o final da colheita e início da poda de produção, período que tem pouca umidade no solo devido à redução da irrigação.



**Figura 2.** Croqui da coleta de amostras de solo simples na linha e entrelinha de videira irrigada e na área de Caatinga.

Na linha e entrelinha do pomar de videiras, as espécies de plantas espontâneas predominantes foram caruru ou breço (*Amarcenthus virides*) e grama-seda ou capim-de-burro (*Cynodon dactylon*). Já na área de Caatinga Hiperxerófila a predominância

era de espécies de porte pequeno, sendo as malvas-brancas (*Sida cordifolia*) e os cactos (*Cactaceae*) as mais presentes nesse solo.

As amostras de solo foram passadas em peneira de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Também foram coletadas amostras de solo indeformadas nas camadas de solo supracitadas utilizando anéis para determinação da densidade do solo pelo método do anel volumétrico, seguindo procedimentos de Teixeira et al. (2017). As amostras de TFSA foram trituradas e passadas em peneira de 100 mesh (0,149 mm) para determinação do C orgânico total do solo (COT), pelo método de oxidação via úmida com aquecimento externo (YEOMANS & BREMNER, 1988).

O fracionamento das substâncias húmicas foi realizado seguindo o método sugerido pela International Humic Substances Society (SWIFT, 1996) e adaptado de Benites; Machado (2003). Deste fracionamento foram obtidas as frações: ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e huminas (FH), baseando-se na solubilidade em soluções ácidas ou alcalinas. Desta forma, FAF é a fração solúvel em meio ácido e alcalino; FAH é a fração solúvel em meio alcalino e insolúvel em meio ácido; e FH é a fração insolúvel em meio ácido e alcalino. Do somatório de todas as frações 36razil-se as substâncias húmicas (SH), onde o teor de C em cada fração húmica foi determinado pelo método de oxidação via úmida com aquecimento externo (YEOMANS & BREMNER, 1988). Foram calculadas as relações CFAH/CFAF e CFH/(CFAF+CFAH) (LABRADOR-MORENO, 1996).

Também foi realizado o fracionamento físico da MOS, segundo metodologia proposta por DEMOLINARI et al. (2008). O método consiste em agitar 15 g de TFSA com 30 mL de água destilada em tubos de centrífuga durante 16 h em agitador vertical, em 12 RPM, não se usando dispersante químico. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 630 g por 15 min. E o sobrenadante passado em peneira de 100 mesh (0,149 mm) para a coleta da fração leve da matéria orgânica do solo (FL). Como o procedimento adotado envolve o rompimento dos agregados por agitação contínua antes da separação, a FL isolada é constituída pelo compartimento inter e intra-agregados (SOHI et al., 2001). A matéria orgânica associada aos componentes minerais do solo e que sedimentaram no fundo do tubo de centrífuga foi considerada a fração pesada (FP). Após a separação, a FL foi seca em estufa a 72 °C por 72 h e, em seguida, pesada. Os teores de C orgânico da FP proveniente de amostras

separadas foram determinados por oxidação via úmida com aquecimento externo, segundo procedimento proposto por Yeomans & Bremner (1988).

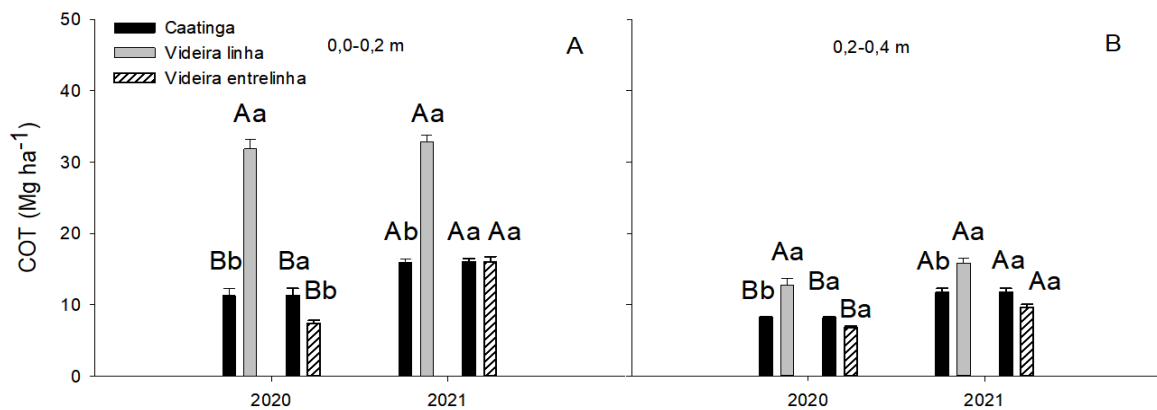
Os estoques de C nas diferentes frações da matéria orgânica encontradas nas distintas camadas do solo foram calculados multiplicando-se os teores de C pela massa de solo (LEMMA et al., 2006). Além disso, foi calculado os estoques de COT sob o cultivo de videira, ponderando-se a área ocupada pela linha de videira (considerando-se 1,3 m de largura) e a área ocupada pela entrelinha da videira. Assim, considerando-se 1,0 na, 37,14% da área corresponde a linha de plantio e 62,86% corresponde a entrelinha de plantio de videira irrigada.

Após a obtenção dos dados, as hipóteses de normalidade foram verificadas pelo teste de Shapiro-Wilk e as médias foram comparadas pelo teste t ( $\alpha= 0,05$  nível de probabilidade). Foram realizadas comparações dos efeitos do cultivo de videira irrigada sobre os estoques de C das frações da MOS entre a Caatinga e videira (linha) e Caatinga e videira (entrelinha), além de comparações entre os anos de 2020 e 2021, para cada profundidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Estoques de carbono orgânico total**

Os estoques de carbono orgânico total (COT) variaram de 6,75 Mg na<sup>-1</sup> (camada de 0,2-0,4 m na entrelinha da videira irrigada) a 32,81 Mg na<sup>-1</sup> (camada de 0,0-0,2 m na linha de videira irrigada) (Figuras 3<sup>a</sup>, B). Já os teores de COT variaram de 0,21 g kg<sup>-1</sup> (camada de 0,2-0,4 m na entrelinha de videira irrigada) a 1,15 g kg<sup>-1</sup> (camada de 0,0-0,2 m na linha de videira irrigada), sendo menores que os teores médios de COT (20,32-22,22 g kg<sup>-1</sup>) observados por Dortzbach et al. (2020) em Cambissolos Húmicos com textura argilosa sob videira em São Joaquim-SC, no bioma Mata Atlântica.



**Figura 3** – Estoques de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0,0-0,2 (A) e 0,2-0,4 m (B) de solos sob cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) em relação à Caatinga para os anos de 2020 e 2021. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre os anos (2020-2021) para a mesma área amostrada pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras verticais representam o erro-padrão da média.

Solos com baixos teores de argila, como o Neossolo Quartzarênico do presente estudo (2,80 a 4,50 g kg<sup>-1</sup> de argila), caracterizado como solos frágeis, apresentam baixa capacidade de proteção química e física da MOS em função da falta de formação de complexos organominerais e a baixa agregação do solo (MORADI et al., 2017). Na proteção coloidal, há estreita associação dos grupos funcionais da MOS com os colóides do solo, por outro lado, na proteção física, a MOS é retida dentro dos agregados do solo (ZENG et al., 2018). A MOS influencia vários atributos químicos, físicos e biológicos do solo, contribuindo para retenção de umidade e aumento da fertilidade do solo (SANTOS et al., 2019; MORAES et al., 2022). Assim, é muito importante a adoção de práticas de manejo que favoreçam o aumento nos estoques de MOS em solos frágeis.

Em 2020, os estoques de COT diferiram significativamente entre os usos em estudo, sendo que a linha de cultivo da videira irrigada apresentou maiores estoques de COT (31,87 e 12,68 Mg na<sup>-1</sup>) quando comparados com a Caatinga (11,30 e 8,16 Mg na<sup>-1</sup>) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, respectivamente (Figuras 3<sup>a</sup>, B). Santos et al., (2019) também observaram que o solo sob mangueira irrigada (linha) apresentou maiores estoques de COT quando comparado ao solo sob Caatinga nas camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m de profundidade em Neossolo Quartzarênico em Petrolina-PE, Brasil. Por outro lado, o estoque de COT para a entrelinha da videira irrigada (7,42 Mg na<sup>-1</sup>) foi menor que a Caatinga (11,30 Mg na<sup>-1</sup>)

na camada 0,0-0,2 m (Figura 3<sup>a</sup>). O acúmulo de resíduos orgânicos na superfície do solo proveniente da poda da videira irrigada, conforme observado visualmente na linha de plantio de videira da área em estudo, contribuiu para o maior estoque de COT em solo sob o cultivo de videira irrigada quando comparado aos solos sob Caatinga, além disso, são anualmente aplicados  $28,57 \text{ m}^3 \text{ na}^{-1}$  de esterco caprino na linha de plantio. Esses resultados corroboraram com Moraes et al. (2022), que também observaram maior estoque de COT em solo sob cultivo de videira em relação à Caatinga em Petrolina-PE. Cardoso et al. (2015) e Santos et al. (2019), observaram este mesmo comportamento para solos sob cultivo de mangueira irrigada, com maiores estoques de COT na linha de plantio.

Em 2021, o solo da linha de plantio de videira apresentou também maiores estoques de COT ( $32,81$  e  $15,84 \text{ Mg na}^{-1}$ ) em relação ao solo sob Caatinga ( $15,97$  e  $11,73 \text{ Mg na}^{-1}$ ) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, respectivamente (Figuras 3<sup>a</sup>, B). Por outro lado, não houve diferenças estatísticas nos estoques de COT quando se comparou a entrelinha da videira irrigada com a Caatinga nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade.

Em regiões semiáridas, com elevado déficit hídrico, sob a vegetação da Caatinga, tem-se baixa produção de biomassa, resultando em pequeno aporte de resíduos orgânicos no solo (HOLANDA et al., 2017). Por outro lado, em plantações de videira irrigada não há restrição hídrica, favorecendo elevada produção de biomassa, resultando em grande incremento de material orgânico (folhas, raízes, restos de poda), favorecendo os maiores estoques de COT, mesmo em solos arenosos como o Neossolo Quartzarênico.

Avaliando o efeito de 17 anos de cultivo de videira irrigada na MOS em Latossolo Amarelo, textura arenosa, em comparação com a Caatinga em Petrolina-PE, Moraes et al. (2022) observaram maiores estoques de COT no solo sob cultivo de videira irrigada. Cardoso et al. (2015), avaliando o efeito de 20 anos do cultivo da mangueira irrigada sobre a MOS em Neossolo Quartzarênico em comparação com a Caatinga, em Petrolina-PE, observaram um incremento de 54,29% na COT na camada de 0,0-0,1 m da área cultivada com mangueira comparado com o solo sob Caatinga. Santana et al. (2022), ao estudar um Acrisol, textura média/argilosa no município de Petrolina-PE cultivado com videira, observaram que o solo sob videira apresentou estoques de C ligeiramente superior aos da Caatinga preservada.

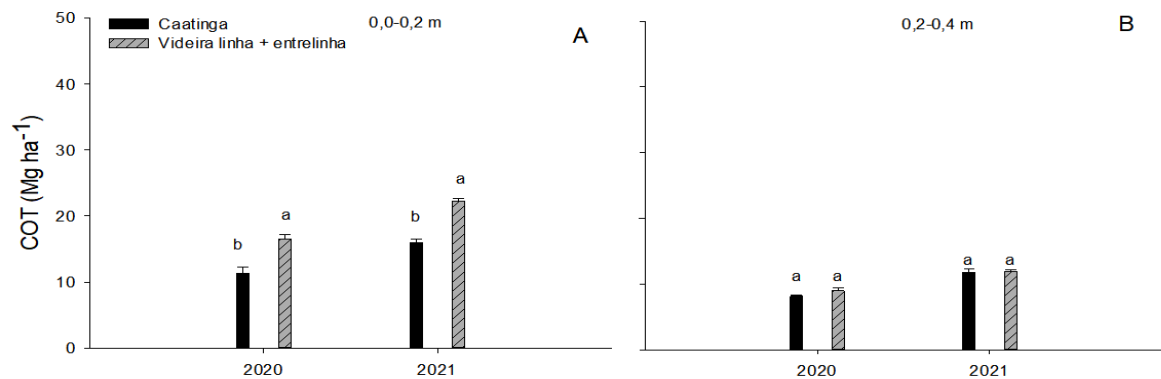
Segundo os autores, isso provavelmente ocorreu devido à aplicação anual de 15 Mg na<sup>-1</sup> de esterco e ao fato de que as plantas são podadas a cada ciclo de colheita, contribuindo para o aporte de C para o solo. Por outro lado, Lazzaretti et al. (2019), ao avaliar o efeito do cultivo de videira na MOS em relação à mata nativa no município de Liberato Salzano-RS, observaram que o solo sob videira apresentou menor estoque de carbono orgânico quando comparado ao solo da mata nativa.

Quando se comparou o ano de 2020 com 2021, não foi observado diferenças significativas nos estoques de COT na linha de cultivo de videira nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade (Figuras 3<sup>a</sup>, B). Por outro lado, houve aumento nos estoques de COT na entrelinha de cultivo de videira, comparando-se os anos de 2020 com 2021.

Avaliando a taxa de decomposição de resíduos orgânicos, Naik et al. (2018) e Costa et al. (2017) estimaram a taxa de decomposição anuais de 3,22 e 1,49% para folhas de frutíferas e sistemas agroflorestais, respectivamente (sendo essas consideradas taxas rápidas de decomposição). Os resultados na videira irrigada (linha) demonstram que na condição do presente estudo (alta temperatura, solos arenosos e irrigação) o aporte de C foi semelhante à taxa de decomposição no solo, pois não houve acúmulo de C, resultando em um balanço não significativo. Cabe ressaltar que este estudo foi avaliado apenas em dois anos, mostrando a necessidade de monitorar a dinâmica da MOS ao longo tempo em condições semiáridas. Mesmo em condições de alta temperatura e irrigação frequente, é possível manter os estoques de COT em solos arenosos do semiárido sob cultivo de videira irrigada, desde que o manejo com o uso de resíduos de poda e a aplicação de esterco caprino seja realizado adequadamente.

Ponderando-se os estoques de COT da linha e entrelinha da videira, observa-se que o cultivo da videira resultou no aumento de 46,04% e 39,40% nos estoques de COT, na camada de 0,0-0,2 m, em relação ao solo sob Caatinga nos anos de 2020 e 2021, respectivamente (Figura 4<sup>a</sup>).

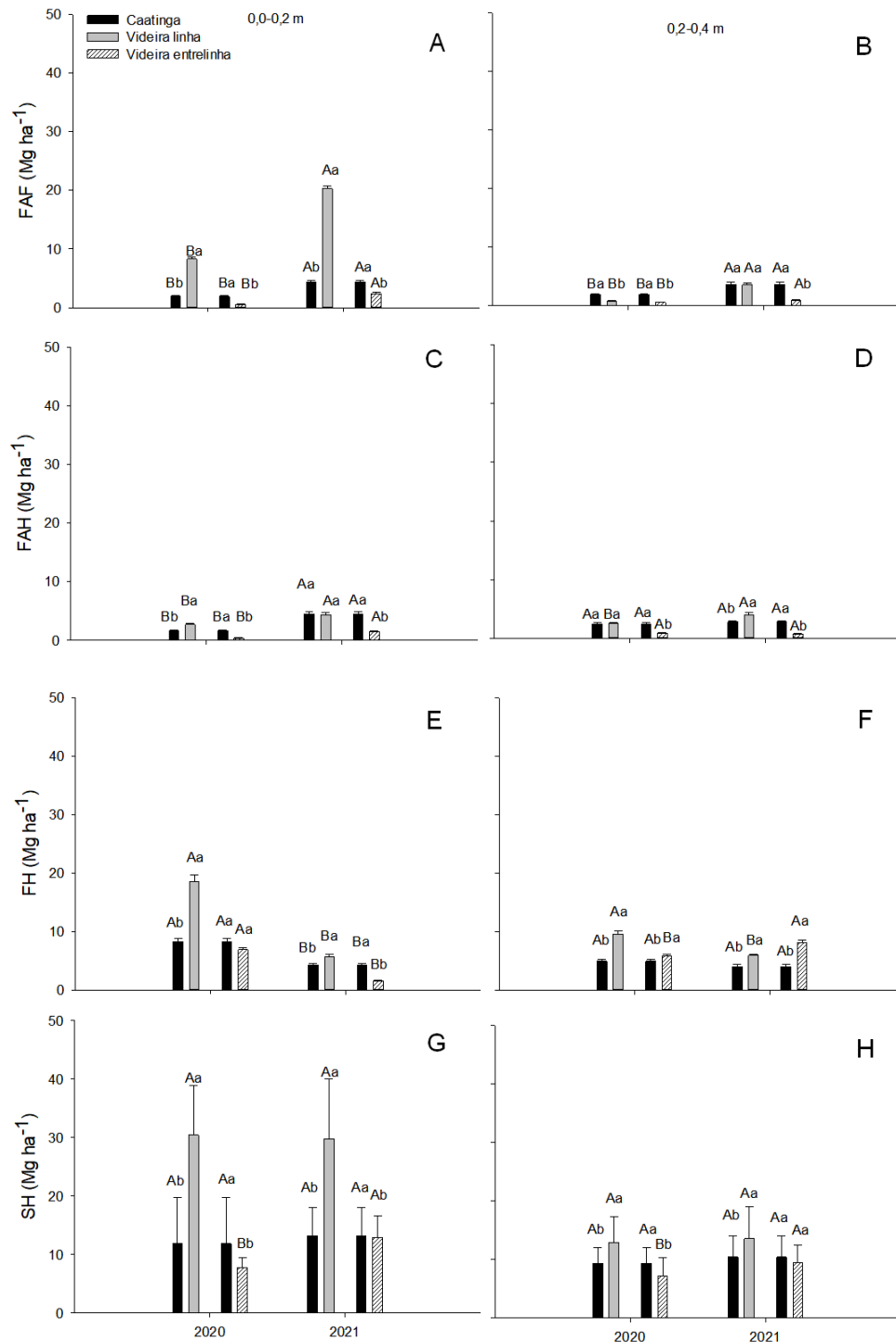




**Figura 4** – Estoques de carbono orgânico total no solo sob videira irrigada (linha + entrelinha) em relação à Caatinga nas camadas de 0,0-0,2 (A) e 0,2-0,4 m (B) de solos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras verticais representam o erro-padrão da média.

### Estoques de carbono nas substâncias húmicas

Para o ano de 2020, o solo da linha de cultivo de videira apresentou maiores estoques de C nas SH (30,44 Mg na<sup>-1</sup>), FH (18,53 Mg na<sup>-1</sup>), FAF (8,27 Mg na<sup>-1</sup>) e FAH (2,69 Mg na<sup>-1</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (SH = 11,85 Mg na<sup>-1</sup>; FH = 8,29 Mg na<sup>-1</sup>; FAF=1,89 Mg na<sup>-1</sup> e FAH = 1,64 Mg na<sup>-1</sup>) na camada de 0-0,2 m de profundidade (Figuras 5G, E, A, C). Comportamento semelhante foi observado para os estoques de C na FH e SH entre os solos sob videira irrigada (linha) e Caatinga na camada de 0,2-0,4 m (Figuras 5F, H). Os maiores valores nos estoques de C das frações húmicas foram devido ao acúmulo de resíduos orgânicos na superfície do solo da poda da videira e a adubação anual de 28,57 m<sup>3</sup> na<sup>-1</sup> de esterco caprino. Avaliando o efeito do cultivo da mangueira irrigada nos estoques de C das frações húmicas da MOS em relação à Caatinga no Vale do Submédio São Francisco, Santos et al. (2019) observaram que o cultivo de mangueira irrigada (linha) apresentou maiores estoques de C nas SH, FH e FAH na camada de 0,0-0,1 m quando comparado ao solo de Caatinga.



**Figura 5.** Estoques de C na fração ácidos fúlvicos (FAF) (A, B), fração ácidos húmicos (FAH) (C, D), fração huminas (FH) (E, F) e substâncias húmicas (SH) (G, H) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 mm dos solos sob cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) em relação à Caatinga para os anos de 2020 e 2021. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre os anos (2020-2021) para o mesmo uso pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras verticais representam o erro-padrão da média.

Por outro lado, o solo da entrelinha de cultivo de videira apresentou menores estoques de C nas SH (7,81 e 7,19 Mg na<sup>-1</sup>), FAH (0,41 e 0,82 Mg na<sup>-1</sup>) e FAF (0,55 e 0,55 Mg na<sup>-1</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (SH = 11,85 e 9,36 Mg na<sup>-1</sup>; FAH =

1,64 e 2,45 Mg na<sup>-1</sup>; FAF = 1,89 e 1,90 Mg na<sup>-1</sup>) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade (Figura 5). Possivelmente, o menor acúmulo de resíduos vegetais na entrelinha de videira foi devido à capina, mecanização e aplicação de herbicidas com o objetivo de eliminar as plantas daninhas.

Em 2021, o solo da linha de cultivo de videira também apresentou maiores estoques de C nas SH (29,80 Mg na<sup>-1</sup>), FH (5,65 Mg na<sup>-1</sup>) e FAF (20,28 Mg na<sup>-1</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (SH = 13,21 Mg na<sup>-1</sup>; FH = 4,26 Mg na<sup>-1</sup>; FAF= 4,40 Mg há<sup>-1</sup>) na camada de 0,0-0,2 m (Figuras 5G, E, A). Comportamento semelhante foi observado na camada de 0,2-0,4 m de profundidade para os estoques de C nas SH, FH e FAH (Figuras 5H, F, D).

Na região do Vale do Submédio São Francisco, em pomares de videira irrigada cultivados em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, a prática da fertilização para fornecer os nutrientes extraídos pela colheita favorece o incremento da produtividade primária, contribuindo para o retorno de grandes quantidades de material vegetal ao solo e, conseqüentemente, aumento dos estoques de C das SH. Resultados semelhantes foram observados por Dortzbach et al. (2020), que ao estudarem um Cambissolo Háplico cultivado com videira na região de Urubici-SC, sob o Bioma Mata Atlântica, observaram que o solo sob cultivo de videira em relação à floresta nativa, apresentaram maiores estoques de C da FH e SH nas camadas de 0,0 a 0,5 e 0,5 a 1 m de profundidade. Os maiores estoques do C da FH e SH observados na área de videira podem estar relacionados aos resíduos culturais da videira, principalmente devido às podas, que produzem maior quantidade de resíduos vegetais com maior relação C/N e lignina/N, os quais levam maior tempo para decomposição e podem favorecer o aumento de frações mais recalcitrantes da MOS.

Esses resultados corroboram também com o estudo realizado por Santos et al. (2019), que ao avaliarem um Neossolo Quartzarênico sob cultivo de mangueiras irrigadas no Vale do Submédio São Francisco, sob o Bioma Caatinga, observaram que o manejo adotado no cultivo da mangueira, como a aplicação de esterco caprino, adubação mineral e resíduos provenientes da poda, em área anteriormente ocupada pela Caatinga, promoveu melhorias na qualidade do solo devido ao incremento nos estoques de C das SH na linha de plantio.

O solo da entrelinha da videira apresentou menores estoques de C em todas as frações húmicas em relação ao solo sob Caatinga na camada de 0,0-0,2 m (Figuras

5ª, C, E, G). Santos et al. (2019), observaram comportamento semelhante quando compararam os solos sob mangueiras irrigadas (entrelinha) com a Caatinga para a FAF e SH na camada de 0,0-0,1 m.

Comparando-se os anos de 2020 e 2021, o cultivo de videira irrigada (linha) contribuiu para o aumento dos estoques C da FAF (145,22 e 343,47%) e C da FAH (62,26 e 60,20%) e decréscimo nos estoques C da FH (69,53 e 38,41%) nas camadas de 0,0–0,2 e 0,2–0,4 m, respectivamente (Figura 5). A baixa capacidade de proteção química e física da MOS em Neossolo Quartzarênico pode estar associado a redução dos estoques C da FH, como observado por Santos et al. (2019). Avaliando o efeito da aplicação de compostos orgânicos no COT e C de frações húmicas da MOS sob cultivo de mangueira irrigada em Argissolo Amarelo com textura média-argilosa no Vale do Submédio São Francisco, Silva et al. (2016) observaram que a aplicação de compostos orgânicos na linha de mangueira irrigada favoreceu a aumento nos estoques de C da FH.

Houve um aumento nos estoques de C das SH, FAH e FAF no solo da entrelinha de videira irrigada em aproximadamente 65,04, 266,02 e 332,73% na camada de 0,0-0,2 m, respectivamente, no ano de 2021 em relação ao ano de 2020. Comportamento semelhante foi observado para os estoques de C das SH, FH e FAF na camada de 0,2-0,4 m de profundidade (Figura 5).

A relação carbono da fração ácido húmico e carbono da fração ácido fúlvico (CFAH/CFAF) pode ser considerada um índice de humificação da MOS presente no solo (SOUZA e MELO, 2000), de modo que, valores superiores à unidade, indicam a predominância de polimerização da MOS. A relação CFAH/CFAF é utilizado como indicador de qualidade do húmus, pois à medida que se aproxima de 1, quanto maior o grau de humificação, maior é o equilíbrio entre as frações reativas humificadas, ou seja, demonstra uma melhor qualidade do solo (RAMOS et al., 2020). O solo da linha de cultivo de videira apresentou menores valores da relação CFAH/CFAF (0,32 e 0,21) quando comparado à Caatinga (0,87 e 1,03) na camada de 0,0-0,2 m para os anos de 2020 e 2021, respectivamente (dados não apresentados). Baixos valores da relação CFAH/CFAF indicam pouca evolução da matéria orgânica adicionada, que pode ser ocasionado devido aos processos pedogenéticos, ao manejo, ou ainda ao aporte recente de matéria orgânica, favorecendo a formação da fração FAF em relação a FAH na camada mais superficial do solo (DORTZBACH et al., 2020). Em solos frágeis

(arenosos), o manejo adotado na área de videira irrigada, a qualidade dos resíduos aportados pela colheita associado às condições ambientais da região não favoreceram a humificação (estabilização do C na FAH) na camada mais superficial do solo.

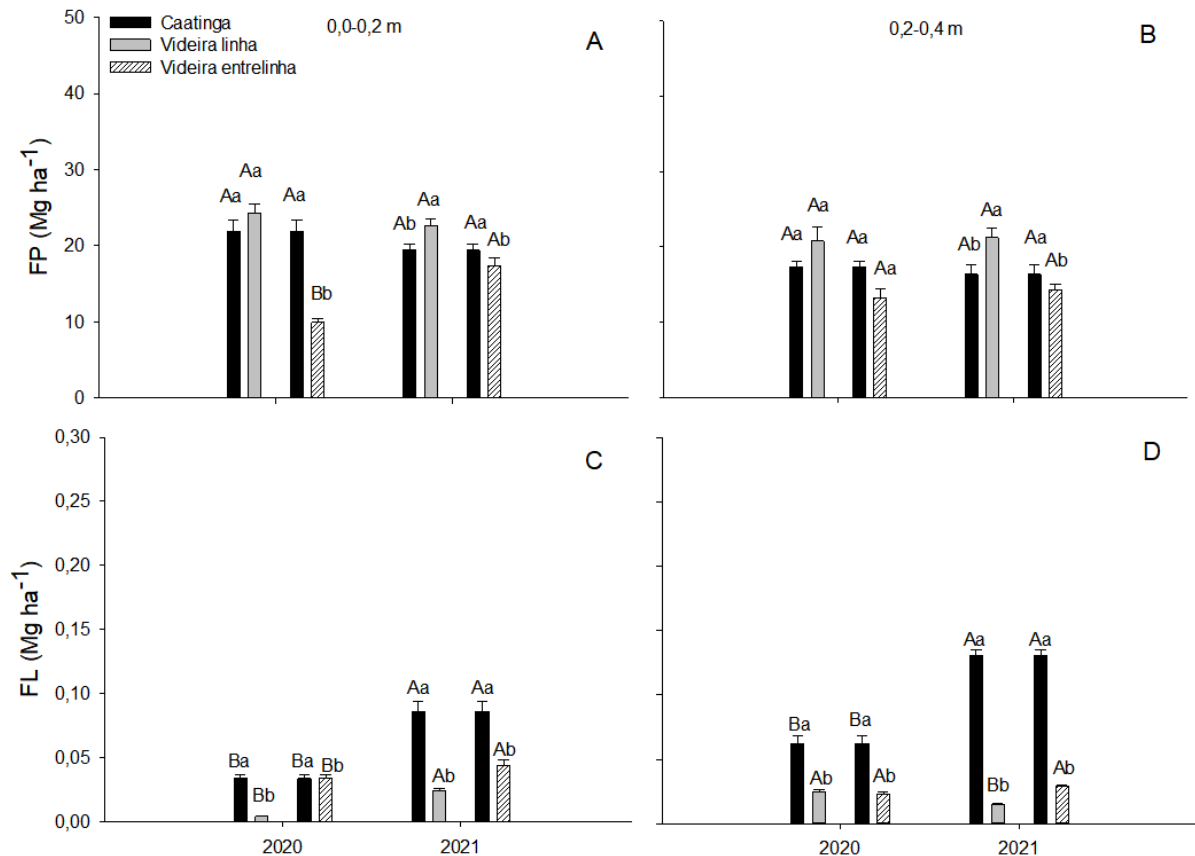
Por outro lado, para a camada de 0,2-0,4 m, o solo sob videira irrigada (linha), apresentou maiores valores da relação CFAH/CFAF (3,08 e 1,11) em relação à Caatinga (1,29 e 0,76), indicando predominância de polimerização da MOS, no ano 2021 (dados não apresentados). O aumento do C da FAH em relação a FAF nesta camada do solo indica que o sistema possui uma matéria orgânica mais estável em profundidade.

Moraes et al. (2022) observaram que não houve diferença na relação CFAH/CFAF do solo sob videira e Caatinga na camada de 0,0-0,1 m em Petrolina-PE. Cardoso et al. (2015) também não observaram diferenças na relação CFAH/CFAF entre os solos sob mangueira irrigada e Caatinga nas camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m de profundidade em Petrolina-PE. Por outro lado, Santos et al. (2019) observaram que a relação CFAH/CFAF em Neossolos Quartzarenico foi maior no solo sob mangueira irrigada do que no solo sob Caatinga na camada de 0,0-0,1 m em Petrolina-PE. Os autores observaram que todos os valores referentes ao CFAH/CFAF foram superiores a 1,0 afirmando que as condições da região e o manejo da área com mangueira irrigada influenciaram positivamente na formação de húmus.

Para a relação CHF/(CFAF+CFAH), o solo sob videira irrigada (linha) apresentou menor valor (1,69 e 0,23) em comparação com o solo sob Caatinga (2,35 e 0,48) na camada de 0,0-0,2 m para os anos de 2020 e 2021, respectivamente (dados não apresentados). Na camada de 0,2-0,4 m, o menor valor da relação CHF/(CFAF + CFAH) foi observado no solo da Caatinga quando comparado ao solo sob videira irrigada (linha) no ano de 2020. Relação de CHF/(CFAF+CFAH) superiores a 1 indica polimerização de matéria orgânica de ácidos fúlvicos para huminas (PIZAURO JÚNIOR e MELO, 1995). A humina, dentre as frações húmicas, é a fração com estrutura molecular mais complexa e sua massa molar é maior que a dos ácidos húmicos e fúlvicos (SILVA e MENDONÇA, 2007).

### **Estoques de carbono na fração pesada e leve**

Em 2020, não foram observadas diferenças significativas nos estoques de C da fração pesada (FP) da MOS quando se comparou o solo da linha de cultivo de videira com o solo da Caatinga nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade (Figuras 6<sup>a</sup>, B). Comportamento semelhante foi observado para o solo da entrelinha da videira irrigada e Caatinga na camada de 0,2-0,4 m de profundidade. A FP da MOS é estável para mudanças de manejo, pois está intimamente associada com a fração argila do solo (HAN et al., 2017). A FP possui maior estabilidade e uma ciclagem mais lenta, existentes dentro e entre os agregados do solo, fortemente ligada às partículas minerais, formando, complexos organo-minerais, associados a frações mais finas, como a argila. Assim, a FP é menos modificada pelas formas de uso e manejo adotadas, principalmente a curto prazo (DORTZBACH et al., 2020). Para a entrelinha da videira foram observados menores estoques de C na FP (9,92 Mg na<sup>-1</sup>) do que na Caatinga (FP= 21,88 na<sup>-1</sup>) na camada de 0,0-0,2 m (Figura 6<sup>a</sup>). Santos et al. (2019) não observaram diferença no C da FP quando se comparou a entrelinha de cultivo de mangueira com a Caatinga na camada de 0,0-0,1 m de profundidade.



**Figura 6.** Estoques de C da fração pesada (FP) (A, B) e fração leve (FL) (C, D) da matéria orgânica do solo nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m dos solos sob cultivo de videira irrigada

(linha e entrelinha) em relação à Caatinga para os anos de 2020 e 2021. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre os anos (2020-2021) para o mesmo uso pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras verticais representam o erro-padrão da média.

Em 2021, o solo cultivado com videira irrigada (linha) também apresentou maiores estoques de C na FP da MOS (FP= 22,65 e 21,20 Mg na<sup>-1</sup>) quando comparado com o solo de Caatinga (FP= 19,42 e 16,34 Mg na<sup>-1</sup>) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m, respectivamente (Figuras 6<sup>a</sup>, B). Resultados opostos foram observados comparando-se o solo da entrelinha de videira com a Caatinga.

Dortzbach et al. (2020) observaram maiores estoques de C da FP em solo sob floresta nativa (Mata Atlântica) quando comparado ao solo sob videira em Santa Catarina. Por outro lado, Cardoso et al. (2015), ao avaliarem o efeito do cultivo de mangueira irrigada nos estoques de C das frações da MOS no semiárido brasileiro, observaram maiores estoques de C da FP no solo sob mangueira irrigada (8,12 Mg na<sup>-1</sup> e 7,35 Mg na<sup>-1</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (6,04 Mg na<sup>-1</sup> e 3,72 Mg na<sup>-1</sup>), para as camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2019), com maiores estoques de C da FP na linha de cultivo de mangueira irrigada quando comparado ao solo sob Caatinga.

Comparando-se o ano de 2020 com 2021, observa-se que não houve diferença estatística para os estoques de C da FP da MOS no solo sob videira irrigada (linha) nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. Já para a videira irrigada (entrelinha), houve aumento dos estoques de C da FP da MOS apenas na camada mais superficial (Figuras 6<sup>a</sup>, B).

Para a fração leve (FL) da MOS, em 2020, os estoques desta fração foram menores na linha (0,004 e 0,024 Mg na<sup>-1</sup>) e entrelinha (0,005 e 0,023 Mg na<sup>-1</sup>) da videira quando comparado ao solo sob Caatinga (0,034 e 0,062 Mg na<sup>-1</sup>) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, respectivamente (Figuras 6C, D). Resultados semelhantes foram observados para o ano de 2021, com menores valores da FL no solo sob videira (linha e entrelinha) em relação à Caatinga nas duas camadas de solo avaliadas (Figuras 6C, D). Os menores estoques da FL no solo sob videira irrigada, em comparação com a Caatinga, sustentam a afirmação de que a FL é mais suscetível às alterações provocadas pelo manejo e mudança de uso do solo, pois os seus

estoques estão associados à proteção física da MOS (REIS et al., 2016). A FL é formada por resíduos parcialmente decompostos, fortemente influenciado pela quantidade e qualidade dos resíduos vegetais depositados no solo (SIGNOR et al., 2014). Dessa forma, o maior estoque da FL encontrado no solo da Caatinga pode estar associado ao menor revolvimento e maior variabilidade de serapilheira nesse solo (folhas, gravetos, sementes, flores, cascas e galhos) (DORTZBACH et al., 2020). Santos et al. (2019) observaram maiores estoques de FL no solo cultivado com mangueira irrigada em relação à Caatinga na camada de 0,0-0,10 m em Petrolina-PE.

Apesar de a FL ser frequentemente menor em comparação com as outras frações mais estáveis MOS, representa o compartimento com rápida ciclagem, favorecendo a atividade da biomassa microbiana (SILVA e MENDONÇA, 2007), podendo ser utilizada como um indicador sensível para detectar mudanças na qualidade do solo em função de diferentes usos e manejos (SOARES et al., 2008).

Comparando-se o ano de 2020 com 2021, observa-se que os estoques da FL da MOS no solo sob videira irrigada (linha e entrelinha) aumentaram na camada mais superficial do solo (Figura 6C). Esse incremento da FL no solo sob cultivo de videira reflete numa possível deposição mais recente de resíduos orgânicos no solo no segundo ano de coleta (2021), uma vez que a aplicação da fibra de coco coincidiu com a coleta de solo, ou até mesmo a menor influência dos microrganismos do solo no C da FL, considerando que essa fração é mais suscetível às alterações provocadas pela ação dos microrganismos (REIS et al., 2016). A FL da MOS é a fração mais lábil, está associado a frações mais grosseiras, como areia e resíduos vegetais recentemente degradados, podendo assim estar livre ou fracamente associado às partículas de solo. Sistemas de uso do solo que propiciem a adição de resíduos na superfície do solo influenciam a manutenção dos estoques da FL (DORTZBACH et al., 2020).

## **CONCLUSÕES**

O efeito do cultivo de videira irrigada nos estoques de carbono dos compartimentos da matéria orgânica do solo é influenciado pela área de deposição de resíduos, em relação à Caatinga.

O manejo adotado na área cultivada com videira, anteriormente ocupada pela Caatinga, constitui estratégias de manejo para possibilitar melhorias na qualidade do



solo, em função dos aumentos nos estoques de carbono orgânico total, carbono da fração húmica e substâncias húmicas na linha de plantio.

Nos dois anos de avaliação das práticas de manejo adotadas no cultivo de videira irrigada em solo frágil no semiárido em relação à Caatinga, há sequestro de carbono orgânico total, no entanto, é necessária uma avaliação de longo prazo para entender o balanço de C.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, A. C.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARCOVERDE, S.N.S.; CORTEZ, J.W.; PEREIRA, J.S. Physical attributes of soil under different use in semiarid baiano. **Holos**, 34, vol. 04, 2018.

BENITES, V.M.; Madari, B.; MACHADO, P.L.O. A emissão e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, 2003.

BRITO, R.F.; NETO, M.F.; DIAS, N.S.; HOLANDA, J.S.; LIRA, R.B.; GOMES, J.W.S. Morphology and soil fertility in semiarid production areas. **Revista de Ciências Agrárias**, 40(3): 525-532, 2017.

CARDOSO, J. A. F.; LIMA, A. N.; CUNHA, T. J. F.; RODRIGUES, M. S.; AMARAL, A. J.; OLIVEIRA-NETO, B. N. Organic matter fractions in a quartzipsamment under cultivation of irrigated mango in the lower são 49razilian valley region, Brazil. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 39, n. 4, p. 1068-1078, 2015.

CARVALHO, J.L.N.; NOGUEIROL, R.C.; MENANDRO, L.M.S.; BORDONAL, R.D.O.; BORGES, C.D, CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J. Implicações agrônômicas e ambientais da remoção da palha da cana-de-açúcar: uma revisão importante. **Gcb Bioenergy** 9, 1181-1195, 2016.

COSTA, P.M.O.; ARAÚJO, M.A.G.; SOUZA-MOTTA, C.M.; MALOSSO, E. Dinâmica da folha serapilheira e respiração do solo em um complexo sistema agroflorestal multiestrato, Pernambuco, Brasil. **Ambiente. Dev. Sustent.** 19, 1189-1203, 2017.

DEMOLINARI, M.S.M.; SILVA, I.R.; LIMA, A.M.N.; VERGUTZ, L.; MENDONÇA, E.S. Efeito da solução de separação densimétrica na quantidade e qualidade da matéria orgânica leve e na quantificação de carbono orgânico da fração pesada. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:871-879, 2008.

DORTZBACH, D.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; SANTOS, O.A.Q. Compartimentos da matéria orgânica do solo em vinhedos altomontanos de Santa Catarina. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 10677-10691, mar. 2020.

HAJI, F. N.; LOPES, P. R. C.; MOREIRA, A. N.; COSTA, V. S. de O. Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de uvas finas de mesa. Petrolina: **Embrapa Semiárido**, 74 p., 2003.

HAN, X., ZHAO, F., TONG, X., DENG, J., YANG, G., CHEN, L., KANG, D. Compreensão sequestro de carbono do solo após a arborização de antigas terras aráveis por fracionamento físico. **CATENA** 150, 317-327. 2017.

HOLANDA, A.C.; FELICIANO, A.L.P.; FREIRE, F.J.; SOUSA, F.Q.; FREIRE, S.R.O, ALVES, A.R. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. **Cien. Rural** 27, 621-633, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola 2021**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 jul. 2022.

LABRADOR-MORENO J. La matéria orgânica em los agrosistemas. Madrid: **Ministeria Agricultura**: 1996.

LAZZARETTI, G.; MATSUOKA, M.; BETTIO, I.; PAVEGLIO, S. S.; SHALLEMBERGER, J.B.; SOMAVILLA, L. Impacto de diferentes sistemas agrícolas e florestal na qualidade química e biológica do solo de uma propriedade rural. **Revista gestão e sustentabilidade Brazilian**, v. 8, p. 330, 2019.

LEMMA, B.; KLEJA, D. B.; NILSSON, I. & OLSSON, M. Soil carbon Sequestration under different exotic tree species in the southwestern highlands of Ethiopia **Geoderma**, 136: 886-898, 2006.

MAIA SMF, XAVIER NA, OLIVEIRA TS, MENDONÇA ES, ARAÚJO FILHO NA. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Na Árvore**; 30:837-48, 2006.

MORADI, M.; IMANI, F.; NAJI, H.R.; BEHDAHANI, S. M.; AHMADI, M.T. Variation in soil carbon stock and nutrient content in sand dunes after afforestation by *Prosopis juliflora* in the Khuzestan province (Iran). **iForest** 10: 585-589, 2017.

MORAES, J.L.; SILVA, G.S.; FILHO, G.S.T.; ARAÚJO, C.A.S.; OLIVEIRA, F.F. Chemical fractionation of soil organic matter under diferente croppings systems. **Rev.Ciênc. Agrar**. v. 65, 2022.

NAIK, SK, MAURYA, S., MUKHERJEE, D., SINGH, AK. Taxas de decomposição e mineralização de nutrientes da serapilheira de diferentes pomares sob clima subtúmido quente e seco. **Arco. Agron. Ciência do Solo**. 64, 560-573, 2018.

OU, H.-P., LIU, X.-H., CHEN, Q.-S., HUANG, Y.-F., HE, M.-J., TAN, H.-W., XU, F.-L., LI, Y.-R., GU, M.-H. Agregados estáveis à água e carbono associado em solo subtropical de arroz sob preparo variável. **R. Bras. Ci. Solo**. 40, 1-13, 2016.

PFLEGER, P.; CASSOL, P.C.; MAFRA, A. L. Humic substances on a humic dystropept under native grassland and pine plantation on different ages. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 807-817, jul.-set., 2017.

PIZAURO JUNIOR, JM, MELO, WJ. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lab-lab nas frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Escuro. **R. Bras. Ci. Solo**. 19, 95-103, 1995.

RAMOS, M.L.G.; SILVA, V.G.; CARVALHO, A.M.; MALAQUIAS, J.V.; OLIVEIRA, A.D.; SOUSA, T.R.; SILVA, S.B. Frações de carbono no solo sob plantio direto e plantas de cobertura no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, n. X, pág. 01743, 2020.

REIS, D.A.; LIMA, C.L.R.; BANBERG, A.L. Physical quality and organic matter fractions of na Alfisol under no-tillage. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.51, n.9, p.1623-1632, set. 2016.

ROSA, DM, NÓBREGA, LHP, MAULI, MM, LIMA, GM, PACHECO, FP. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em milho e soja. **Na. Ciênc. Agron**. 48, 221-230, 2017.

SALVIANO, A.M.; CUNHA, T.J.F.; OLSZEWSKI, N.; NETO, M.B.O.; GIONGO, V.; QUEIROZ, A.F.; MENEZES, F.J.S. Potencialidades e limitações para o uso agrícola de solos arenosos na região semiárida da Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 28, n. 2, p.137-148, abr./jun.2016.

SANTANA, M.S.; ANDRADE, E.M.; SAMPAIO, E.V.S.B.; FERREIRA, T.O.; SALVIANO, A.M.; SILVA, D.J.; CUNHA, T.J.F.; GIONGO, V. Os agrossistemas alteram os estoques de carbono e nutrientes do solo em um ambiente semiárido? **J. Ambiente Árido** 201-104747, 2022.

SANTANA, M.S.; SAMPAIO, E.V. S. B.; GIONGO, V.; MENEZES, R.S.C.; JESUS, K.N.; ALBUQUERQUE, E.R.G.M.; NASCIMENTEO, D.M.; PAREYN, F.G.C; CUNHA, T.J.F; SAMPAIO, R.M.B.; PRIMO, D.C. Carbon and nitrogen stocks of soils under Brazilian land uses in Pernambuco state, Brazil. **Geoderma Regional** 15 e 00205, 2019.

SANTOS, HG, ALMEIDA, JÁ, OLIVEIRA, JB, LUMBRERAS, JF, ANJOS, LHC, COELHO, MR, JACOMINE, PKT, CUNHA, TJF, OLIVEIRA, VA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 3ª Edição, **Embrapa**. 353p., 2013.

SANTOS, L.R.; LIMA, A.M.N.; CUNHA, J.C.; RODRIGUES, M.S.; SOARES, E.M.B.; SANTOS, L.P.A.; SILVA, A.V.L.; FONTES, M.P.F. Does irrigated mango cultivation alter organic carbon stocks under fragile soils in semiarid climate? **Scientia Horticulturae**, 255: 121-127, 2019.

SIGNOR, D.; ZANI, C.F.; PALADINE, A.A.; DEON, M.D.; CERRI, C.e.P. Estoques de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:1402-1410, 2014.

- SILVA I.R.; MENDONÇA E.S. Matéria orgânica do solo. In: Novais RF, Alvarez V VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL, editores. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.274-374, 2007.
- SILVA, JR, SILVA, DJ, GAVA, CAT, OLIVEIRA, TCTD, FREITAS, MSCD. Carbono em frações húmicas da matéria orgânica em solo tratado com composto orgânico sob cultivo de manga. **R. Bras. Ci. So.** 40, 1-11, 2016.
- SILVA, T. J.J.; FERREIRA, M.O.; LIMA, J.R.F. Competitiveness of exports of mango and grape lower basin of San Francisco Valley. **Ano XXV** – nº 4, 2016.
- SOARES, BEM, SILVA, CA, DIAS, BO, BETTIOL, W, BELIZÁRIO, MH. Frações da matéria orgânica de Latossolo sob influência de doses de lodo de esgoto. **Pesq. Agropec. Bras.** 1231- 1240, 2008.
- SOHI, S.P.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POWLSON, D.S.; MADARI, B. & GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 65:1121-1128, 2001.
- SOUZA, A. S.; KATO, O. R.; FREITAS, I. S. Acúmulo de carbono em frações densimétricas da matéria orgânica do solo: em distintos sistemas de manejo e uso na Amazônia oriental. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales.** 2019.
- SOUZA, M.S.; JARDIM, A. M.R.F.; JUNIOR, G.N.A.; SILVA, J.R.I.; LEITE, M.L.M.V.; TEIXEIRA, V.I.; SILVA, T.G.F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Pubvet.** v.12, n.5, ano 91, p.1-9, mai., 2018.
- SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.885- 896, 2000.
- SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: Sparks, D. L.; Page, A. L.; Helmke, P. A.; Loeppert, R. H.; Soltanpour, P. N.; Tabatabai, M. A.; JOHNSTON, C. T. & Sumner, M. E. (Ed.). Methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society of America: **American Society of Agronomy**, p. 1011- 1020, 1996.
- TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. Manual de métodos de análise de solo. 3ª.ed. Rio de Janeiro: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**; 2017.
- VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; BENITES, V.M.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G.; GUARESCHI, F. R. Carbon and nitrogen stocks and humic fractions in 52razilian organosols. **Rev. Bras. Ci. So.** 40: e0151317, 2016.
- YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.
- ZENG, Q.; DARBOUX, F.; MEN, C.; ZHU, Z.; AN. SHAOSHAN. Soil aggregate stability under different rain conditions for three vegetation types on the Loess Plateau (China). **Catena**, v.167, 276–283, 2018.

## 4. ARTIGO 2

### INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE QUALIDADE EM SOLOS FRÁGEIS CULTIVADOS COM VIDEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

#### RESUMO

A intensa atividade de sistemas agrícolas, tal como, a fruticultura irrigada em áreas anteriormente ocupadas por Caatinga, pode causar alterações nos atributos microbiológicos de qualidade do solo, comprometendo sua sustentabilidade. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar, em dois anos consecutivos (2020 e 2021), a influência do cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) nos indicadores microbiológicos de qualidade do solo em relação à Caatinga nativa em um Neossolo Quartzarênico localizado em Casa Nova - BA. Nas áreas sob videira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga (referência) foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. Após a coleta e preparo das amostras de solo, foram determinados o carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico ( $qCO_2$ ), quociente microbiano ( $qMIC$ ) e a densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). O efeito do cultivo de videira irrigada nos atributos microbiológicos de qualidade do solo foi influenciado pela área de deposição de resíduos. A aplicação de esterco caprino, fibra de coco, *Bacillus subtilis*, resíduos de poda e a fertilização mineral constituiu estratégias de manejo para possibilitar melhorias na qualidade de solos frágeis, principalmente na camada mais superficial, em função dos aumentos no CBM e densidade de esporos de FMAs e redução de  $qCO_2$  na linha de cultivo de videira irrigada no semiárido.

**Palavras-chave:** Carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, esporos de FMAs, mudança de uso, *Vitis vinifera*.

## MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF QUALITY IN FRAGILE SOILS CULTIVATED WITH IRRIGATED VINE IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID.

### ABSTRACT

The intense activity of agricultural systems, such as irrigated fruit growing in areas previously occupied by Caatinga, can cause changes in microbiological attributes of soil quality, compromising its sustainability. Thus, the present study aimed to evaluate, in two consecutive years (2020 and 2021), the influence of irrigated vine cultivation (line and interrow) on microbiological indicators of soil quality in relation to the parameters found in the native Caatinga in a Quartzite Neosol located in Casa Nova - BA. In the areas under irrigated vine (line and interrow) and Caatinga (reference) soil samples were collected in the layers of 0-0.2 and 0.2-0.4 m depth. After the collection and soil samples preparation, microbial carbon biomass (MCB), basal soil respiration (BSR), metabolic quotient ( $qCO_2$ ), microbial quotient (MICq) and spore density of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) were determined. The effect of irrigated vine cultivation on soil quality microbiological attributes was influenced by the waste deposition area. The application of goat manure, coconut fiber, *Bacillus subtilis*, pruning residues and mineral fertilization constituted management strategies to enable improvements in soil quality, mainly in the most superficial layer, due to increases in MBC and density of AMF spores and the reduction of  $qCO_2$  in the planting line of the irrigated vine in the semiarid.

**Keywords:** Microbial biomass carbon, basal soil respiration, AMF spores, change of use, *Vitis vinifera*.

## INTRODUÇÃO

O Brasil se apresenta como um importante produtor de uva de mesa, sendo o Sul e o Nordeste as principais regiões produtoras dessa fruta no país. A região do Vale do São Francisco se destaca pela expressiva produção de uva (460.104 toneladas) e produtividade (44,32 t ha<sup>-1</sup>), sendo esta responsável por 97% das uvas de mesa exportadas (IBGE, 2021). Em 2022, a área plantada de videira irrigada no Vale do Submédio São Francisco foi de aproximadamente 12.000 ha (CEPEA, 2022).

As mudanças de uso do solo, da vegetação nativa para sistemas agrícolas, como a fruticultura irrigada, podem levar a alterações nos atributos microbiológicos do solo (ARCOVERDE et al., 2018). Os sistemas convencionais de cultivo são geralmente adotados durante a exploração agrícola de novas áreas, com preparo do solo por máquinas pesadas e ausência de cobertura vegetal. Assim, esse sistema de cultivo pode alterar negativamente os atributos microbiológicos do solo e são bons indicadores de qualidade do solo (NUNES et al., 2018).

O cultivo de videira na região semiárida brasileira tem sido realizado com muita frequência em solos arenosos, considerados solos frágeis. Os solos frágeis constituem 8% do território nacional, em que na sua maioria são representados pelos Neossolos Quartzarênicos (CASTRO; HERNANI, 2015). As fragilidades de solos arenosos estão relacionadas, dentre outras coisas, à baixa agregação das partículas e baixa estabilidade da matéria orgânica do solo (FILIZOLA et al., 2019). Atualmente, no entanto, a agropecuária nacional tem se estabelecido nesses solos, em razão dos avanços nos sistemas de produção e práticas agrícolas, tais como, a incorporação de matéria orgânica e rotação de cultura (LEMMA et al., 2017).

A necessidade de entender e avaliar os indicadores de qualidade do solo (QS) tem sido apontado como um dos principais compromissos da ciência do solo, principalmente em relação aos indicadores microbiológicos, por se tratar da parte mais viva e mais ativa da matéria orgânica do solo e por atuar em importantes processos biogeoquímicos (GOMES et al., 2015). Estudos mostram que os indicadores microbiológicos são mais sensíveis para detectar, com maior antecedência, alterações que ocorrem no solo em função do seu uso e manejo (SILVA et al., 2021).

A atividade microbiana está relacionada à qualidade do solo, pois quando as condições ambientais mudam, os microrganismos do solo ajustam sua biomassa, composição da comunidade e taxas de atividade, refletindo em vários atributos do solo

(ASSUNÇÃO et al., 2019). Os parâmetros associados à atividade microbiana como, o carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RBS), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e o microbiano ( $qMic$ ) são indicadores sensíveis e rápidos dos efeitos do manejo e mudança de uso do solo (SILVA et al., 2021). Dessa forma, estudos de biomassa microbiana podem ser valiosos como um complemento à pesquisa sobre os efeitos das práticas agrícolas na qualidade do solo e na produtividade das culturas (SILVA et al., 2021). Outro importante indicador microbiológico de qualidade do solo é a presença dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), os quais estão envolvidos em vários processos biológicos relacionados à melhoria da qualidade do solo, e interagem benéficamente com as plantas (HASSANI et al., 2018).

Apesar da importância sócio-econômica do mercado da uva no Brasil, especialmente na região do Vale do Submédio São Francisco, pouco se sabe a respeito da variação temporal do efeito que a substituição da vegetação de Caatinga pelo cultivo de videira irrigada pode causar nos atributos microbiológicos do solo, principalmente em solos frágeis. Além disso, não há estudos que considerem a localização da amostragem do solo (linha e entrelinha de plantio) e os atributos microbiológicos de qualidade do solo.

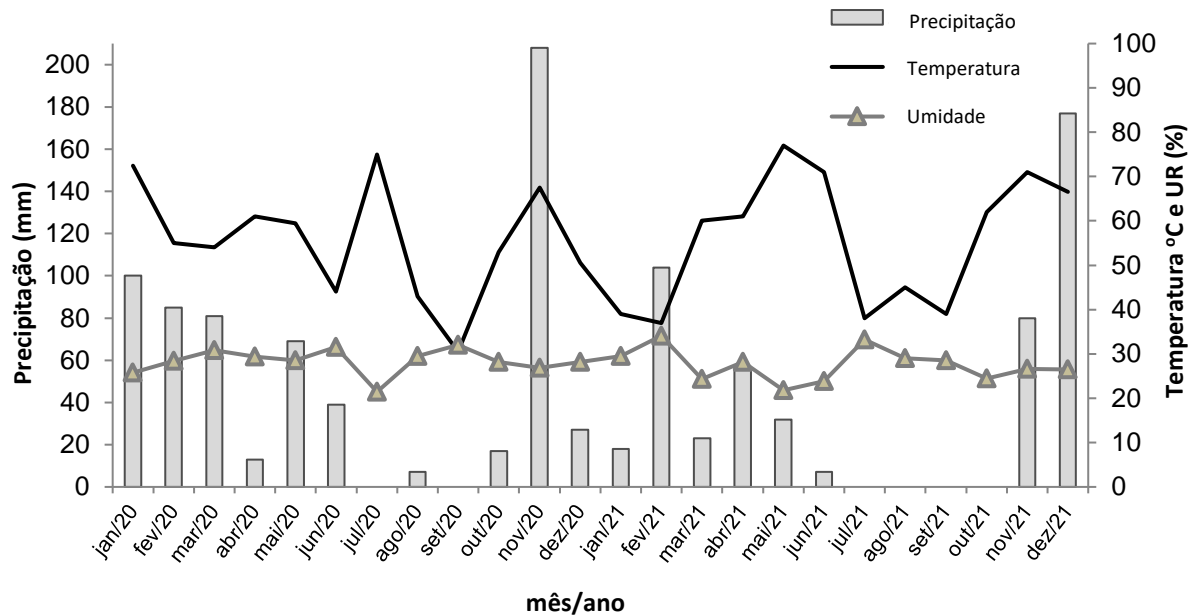
Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar, em dois anos consecutivos (2020 e 2021), a influência do cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) nos indicadores microbiológicos de qualidade do solo em relação à Caatinga nativa em um Neossolo Quartzarênico no semiárido brasileiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente estudo foi realizado na Fazenda Santa Felicidade, situada na cidade de Casa Nova – BA, Brasil. A região é caracterizada pelo bioma Caatinga e a área em estudo está nas coordenadas geográficas, latitude  $9^{\circ}24'29''S$ , longitude  $41^{\circ}9'29''O$ . O clima da região é BSh (semiárido), segundo a classificação de Köppen, com baixo índice pluviométrico durante todo ano (400 mm a 800 mm) e temperatura média anual de  $26,3^{\circ}C$  (ALVARES et al., 2013). Os dados climáticos de precipitação pluviométrica,



temperatura e umidade relativa do ar nas épocas de amostragem de solo estão apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação total (acumulada), temperatura média e umidade relativa do ar de janeiro de 2020 a dezembro de 2021. Fonte: Estação Agrometeorológica de Petrolina – INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – Petrolina, PE. Fonte: Estação Meteorológica da Fazenda Santa Felicidade – Casa Nova, BA.

O solo da área em estudo é classificado como Neossolo Quartzarênico (Santos et al., 2013) e a caracterização está apresentada na tabela 1.

Profundidades	Usos do Solo	pH	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	CTC	P	Areia	Silte	Argila	DS
M		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----									mg dm <sup>-3</sup>	-----dag kg <sup>-1</sup> -----			g cm <sup>-3</sup>
0,0-0,2	Videira irrigada (linha)	6,12	0,10	0,04	0,54	5,33	0,20	0,96	6,01	6,97	75,33	92,50	4,40	3,10	1,43
0,2-0,4		6,17	0,08	0,00	0,35	4,66	0,15	0,88	5,09	5,97	32,87	93,34	3,86	2,80	1,57
0,0-0,2	Videira irrigada (entrelinha)	5,68	0,05	0,00	0,08	4,10	0,20	1,13	4,23	5,36	10,61	92,41	3,29	4,30	1,66
0,2-0,4		6,07	0,08	0,00	0,17	4,14	0,20	1,38	4,39	5,77	8,99	92,48	3,12	4,40	1,61
0,0-0,2	Caatinga	5,80	0,05	0,00	0,03	3,75	0,35	1,95	3,83	5,78	1,68	92,20	4,40	3,40	1,66
0,2-0,4		5,83	0,03	0,00	0,00	3,35	0,30	1,62	3,39	5,01	0,77	92,76	2,74	4,50	1,72

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo sob cultivo de videira irrigada e Caatinga em Casa Nova-BA  
 pH H<sub>2</sub>O (1:2,5); P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>: Mehlich-1; Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al (acidez potencial): acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; SB: soma base; CTC: capacidade de troca de cátions (SB + H+A); Análise granulométrica pelo método de pipeta; DS: densidade do solo (Teixeira, 2017).

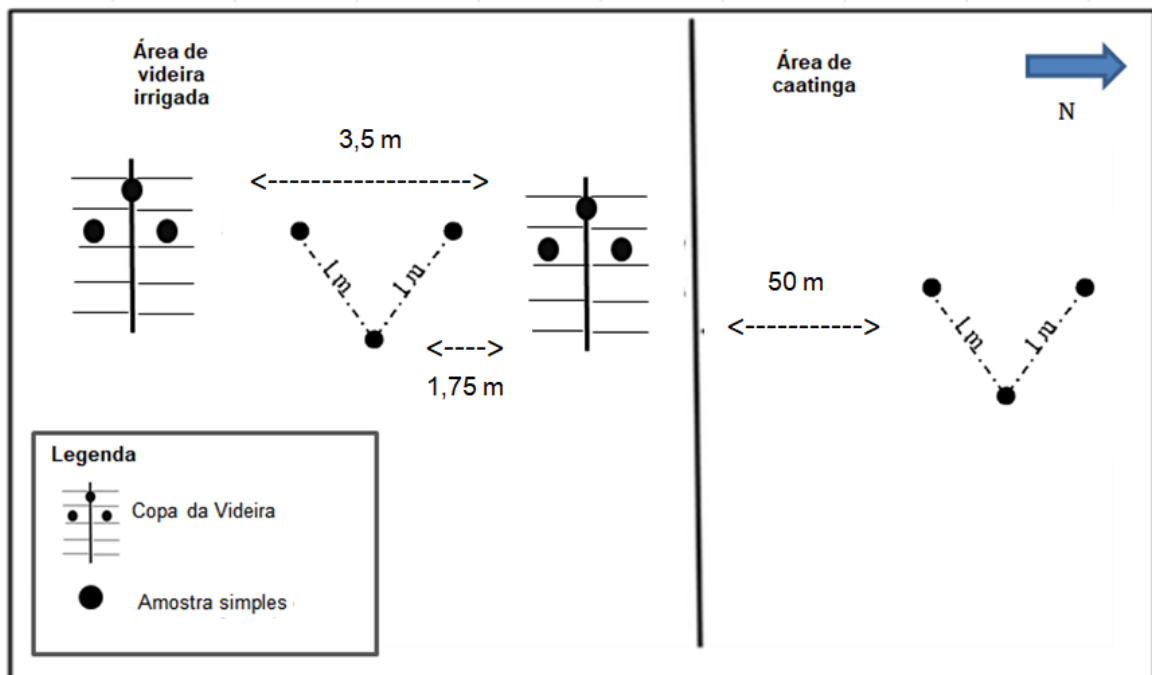
As amostras de solo foram coletadas em dois anos consecutivos (julho de 2020 e 2021), em uma área de 5 anos sob cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) e mata nativa (Caatinga Hiperxerófila). A Caatinga (tomada como referência) está localizada aproximadamente 50 m de distância da videira irrigada, e sob a mesma classe de solo.

A área com videira irrigada foi ocupada pela Caatinga até meados de 2015. Após a remoção da Caatinga os resíduos vegetais foram removidos da área e o solo foi preparado (aração e gradagem) para o plantio da videira. Em seguida, o pH do solo foi corrigido pela aplicação de calcário dolomítico para aumentar o pH a 5,5-6,0 para favorecer o desenvolvimento do sistema radicular das mudas de videira. A correção do pH do solo, quando necessário, também foi realizada anualmente, após cada ciclo de produção. A variedade de videira implantada foi a BRS Vitória e o porta enxerto 313, plantada no espaçamento de 3,5 x 2,0 m, onde a adubação mineral por ciclo foi de 418 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de potássio, 522 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio, 330 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio, 165 kg ha<sup>-1</sup> de Amiorgan e 33 kg ha<sup>-1</sup> de MKP. Também foram realizadas adubações de coberturas (N, K, S) e micronutrientes (B, Zn) para atender a demanda da cultura. Anualmente, foram aplicados na linha de plantio 28,57 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de esterco de caprinos e 60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de fibra de coco a cada 2 anos. Foi aplicado também 0,002 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> do fungicida e bactericida microbiológico *Bacillus subtilis*, cujo o nome comercial de Serenad<sup>®</sup>, em duas épocas (pré e pós-poda) via fertirrigação na linha de plantio. A aplicação foi realizada com o objetivo de prevenir diversos fungos patogênicos do solo que infectam as raízes das plantas e estimular o crescimento do sistema radicular com base na produção de auxinas, promovendo o aumento da absorção de água e nutrientes.

O sistema de irrigação utilizado é o localizado por meio de difusor, com uma vazão de 27 L hora<sup>-1</sup>, o cálculo de irrigação foi realizado com base nas informações de evapotranspiração de referência (Eto), com base em parâmetros medidos pela estação meteorológica dentro da fazenda, pelo coeficiente da cultura (Kc) de acordo com cada fase fenológica da videira, procurando-se atender a demanda hídrica da planta. A linha e entrelinha de plantio foram mantidas sem plantas daninhas por meio de capinas mecânicas e aplicação de herbicidas. Na entrelinha foi feito revolvimento do solo sempre que necessário, uma vez por ciclo, com o uso de implementos agrícolas como arado de aiveca e gradão para rebaixamento e limpeza das ruas. Após

a colheita, a cada quatro meses, foram realizadas as podas de produção, mantendo-se os resíduos orgânicos na linha de plantio. Todas as práticas culturais como poda, manejo nutricional, manejo de pragas, doenças, plantas invasoras e colheita seguiram as Normas Técnicas da Produção Integrada de Uva (HAJI et al., 2003).

Para avaliação dos atributos microbiológicos de qualidade do solo, os solos foram coletados na linha e entrelinha da videira e na Caatinga. Para cada área, 10 amostras compostas de solo distribuídas aleatoriamente na área foram coletadas nas camadas 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. Na área de videira, as amostras foram coletadas na linha de plantio, região da projeção da copa, e nas entrelinhas na distância de 1,75 m do tronco da árvore. Na área sob Caatinga foi coletada uma única amostra no centro do ponto e outras duas foram coletadas em um raio de 1 m a partir deste ponto (Figura 2). Dessa forma, foram coletadas três amostras simples de cada profundidade para a obtenção de uma amostra composta. As coletas de solo foram realizadas na época em que a videira se encontrava entre o final da colheita e início da poda de produção, período com pouca umidade no solo devido à redução da irrigação.



**Figura 2.** Croqui da coleta de amostras de solo simples na linha e entrelinhas de videira irrigada e na área de Caatinga.

Na linha e entrelinha do pomar de videiras, as espécies de plantas daninhas predominantes foram caruru ou breço (*Amarcenthus virides*) e grama-seda ou capim-

de-burro (*Cynodon dactylon*). Já na área de Caatinga Hiperxerófila a predominância era de espécies de porte pequeno, sendo as malvas-brancas (*Sida cordifolia*) e os cactos (*Cactaceae*) as mais presentes nesse solo.

As amostras de solo foram acondicionadas em caixa térmicas e, em seguida, armazenadas sob refrigeração ( $\pm 4$  °C) até o momento das análises microbiológicas.

A determinação do C orgânico total do solo (COT) foi realizada pelo método de oxidação via úmida com aquecimento externo (YEOMANS & BREMNER, 1988).

O carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo foi determinado através da irradiação-extração, segundo metodologia proposta por Islam e Weil (1998), utilizando forno micro-ondas para emissão de ondas eletromagnéticas, com irradiação de 12 min por amostra, promovendo a lise celular dos microrganismos. Após a irradiação, a extração foi realizada com uso do sulfato de potássio ( $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ) e a determinação do carbono por oxidação com dicromato de potássio ( $0,066 \text{ mol L}^{-1}$ ), titulando com solução ácida de sulfato ferroso amoniacal ( $0,033 \text{ mol L}^{-1}$ ), utilizando o ferroin como indicador, obtendo-se o CBM por diferença entre a amostra irradiada e a não irradiada.

Para determinar a respiração basal do solo (RBS), foram utilizados frascos com capacidade de 1,7 L, onde foram adicionados 20 g de solo e 20 mL de hidróxido de sódio ( $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ). Os frascos foram hermeticamente fechados com parafilme para que não ocorressem perdas do  $\text{CO}_2$  liberado pela atividade microbiana. Após sete dias de incubação, foi retirada uma alíquota de 10 mL do NaOH e adicionou-se 10 mL de cloreto de bário, para favorecer a completa precipitação do dióxido de carbono. Em seguida, titulou-se com a solução de ácido clorídrico ( $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ), utilizando-se a fenolftaleína como indicador (ISERMEYER, 1952).

Os valores de quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) e do quociente microbiano ( $q\text{Mic}$ ) foram obtidos através da relação entre a RBS e CBM (Equação 1), e da relação do CBM com o COT (Equação 2), respectivamente, de acordo com as equações abaixo (Anderson & Domsch, 1993):

$$\text{Equação 1: } q\text{CO}_2 = \frac{\text{RBS}}{\text{CBM}}$$

Em que:

$q\text{CO}_2$  = quociente metabólico ( $\text{mg C-CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ C-CBM h}^{-1}$ )

RBS = taxa de respiração basal do solo ( $\text{mg de C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ )

CBM = carbono da biomassa microbiana (mg de C kg<sup>-1</sup>)

$$\text{Equação 2: } qMIC = \frac{CBM}{COT}$$

Em que:

$qMIC$  = quociente microbiano (%)

COT = Carbono orgânico total (mg kg<sup>-1</sup>).

A densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no solo foi obtida separando 50 cm<sup>3</sup> de solo por peneiramento úmido em malhas de 0,710 mm e 0,053 mm (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) e centrifugações seguidas a 3.000 rpm, em água e em sacarose (450 g L<sup>-1</sup>), por três e dois minutos, respectivamente. Em seguida, todo o solo com sacarose foi lavado em água corrente e em peneira de malha menor os esporos ficaram retidos. Os esporos separados foram quantificados com o auxílio de microscópio estereoscópico (40x).

Após a obtenção dos dados, as hipóteses de normalidade foram verificadas pelo teste de Shapiro-Wilk e as médias foram comparadas pelo teste t ( $\alpha = 0,05$  nível de probabilidade). Foram realizadas comparações dos efeitos do cultivo de videira irrigada sobre os indicadores de qualidade microbiológicas entre a Caatinga e videira (linha) e Caatinga e videira (entrelinha), além de comparações entre os anos de 2020 e 2021, para cada profundidade.

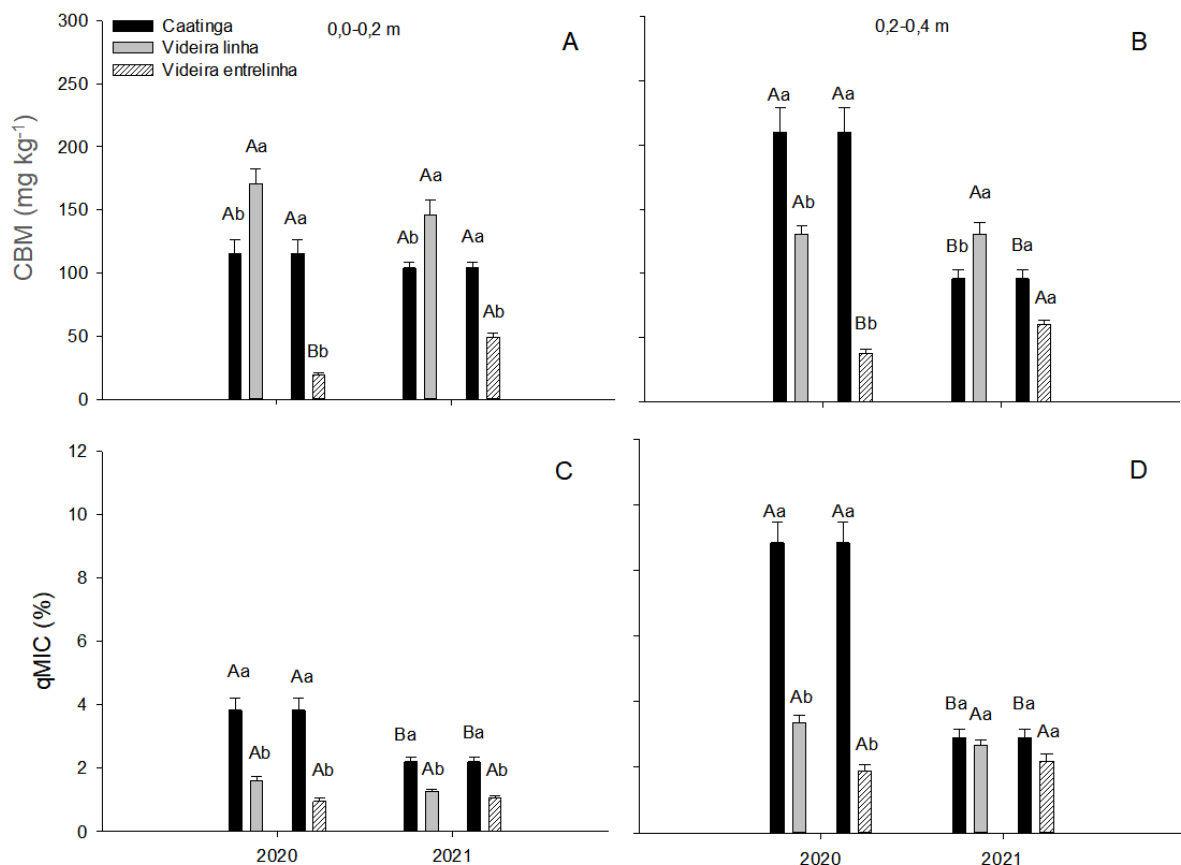
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente microbiano (qMIC)

#### CBM

Em 2020, os teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) diferiram significativamente entre os usos em estudo, sendo que o solo da linha de cultivo apresentou maior teor de CBM (170,91 mg kg<sup>-1</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (115,58 mg kg<sup>-1</sup>) na camada de 0,0-0,2 m de profundidade (Figura 3A). Para a camada de 0,2-0,4 m, comportamento oposto foi observado, em que o solo da Caatinga apresentou maior teor de CBM (210,05 mg kg<sup>-1</sup>) em relação ao solo da linha de cultivo (130,56 mg kg<sup>-1</sup>) (Figura 3B). O solo da entrelinha de cultivo de videira

também apresentou menores teores de CBM quando comparado ao solo sob Caatinga nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m (Figura 3). Assim, o manejo adotado na linha de cultivo de videira, como a aplicação de  $28,57 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de esterco caprino,  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de fibra de coco e  $0,002 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de *Bacillus subtilis*, além do aporte de resíduos da poda, contribuiu para o maior teor de CBM na camada mais superficial do solo.



**FIGURA 3** - Teor de carbono da biomassa microbiana (CBM) (A, B) e quociente microbiano (qMIC) (C, D) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade do solo sob cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) em relação à Caatinga para os anos de 2020 e 2021. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre os anos (2020-2021) para o mesmo uso pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras verticais representam o erro-padrão da média.

Resíduos orgânicos aplicados ao solo promove aumento no CBM e estimula a população microbiana e sua atividade, por elevarem os teores de C e serem fonte de nutrientes (DORNELLES et al., 2017). Além disso, a aplicação de *Bacillus subtilis* contribui para aumento da população de microrganismos heterotróficos no solo (SILVA et al., 2019). O uso de cobertura morta, como fibra de coco, estimula a

diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no semiárido brasileiro (PONTES et al., 2017). Adicionalmente, a maior umidade do solo na linha de cultivo de videira, em função da irrigação, também influencia positivamente o CBM, por ser condição mais favorável para o crescimento da biomassa, que é constituída por fungos, bactérias e actinomicetos, que atuam na decomposição de resíduos orgânicos (REIS et al., 2017).

O CBM representa a fração viva da MOS, sendo considerado um indicador sensível da qualidade do solo, pois é facilmente alterado pela ação antrópica, como a conversão da Caatinga nativa para o uso agrícola, além do impacto de diferentes estratégias de uso e manejo do solo (SILVA et al., 2021). Avaliando o efeito do cultivo de videira nos teores de CBM em relação à Mata Atlântica em Cambissolo Háplico Eutrófico em Liberato Salzano-RS, Lazzaretti et al. (2019) observaram menor teor de CBM no solo sob videira ( $200,93 \text{ mg kg}^{-1}$ ) em relação ao solo sob mata nativa ( $410,57 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na camada de 0,0-0,1 m de profundidade, em função da maior deposição de resíduos orgânicos na Mata Atlântica.

Em 2021, o solo da linha de cultivo de videira irrigada apresentou também maiores teores de CBM ( $146,06$  e  $130,21 \text{ mg kg}^{-1}$ ) em relação ao solo sob Caatinga ( $103,93$  e  $95,91 \text{ mg kg}^{-1}$ ) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m, respectivamente (Figuras 3A, B). Por outro lado, o solo da entrelinha de cultivo de videira apresentou menor teor de CBM quando comparado ao solo da Caatinga na camada de 0,0-0,2 m. Ao avaliar o efeito de diferentes espécies frutíferas e olerícolas no CBM em relação à Caatinga Hiperxerófila em Neossolo Fulvico (textura arenosa) no município de São Domingos-PB, Santos et al. (2021) observaram que não houve diferença no CBM das espécies frutíferas (uva, maracujá, citros, goiaba, manga, entre outras) em relação à Caatinga na camada de 0,0-0,2 m. Por outro lado, o CBM do solo sob olerícolas foi maior quando comparado aos solos sob frutíferas e Caatinga. Os autores justificam os resultados pela maior densidade de raízes e maior efeito rizosférico, ou seja, maior disponibilidade de substratos orgânicos para as comunidades microbianas do solo sob olerícolas.

Comparando-se o ano de 2020 com 2021, não houve diferença nos teores de CBM para a linha de cultivo de videira irrigada nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade (Figuras 3A, B). Por outro lado, para a entrelinha de cultivo de videira,



os teores de CBM aumentaram 152% e 60% nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, respectivamente, entre os anos de 2020 e 2021.

### **qMIC**

Em 2020, foi observado menores valores do quociente microbiano (qMIC) na linha cultivo de videira (1,60% e 3,36%) quando comparado com o solo sob Caatinga (3,82% e 8,84%) nas camadas de 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m de profundidade, respectivamente (Figuras 3C, D). Comportamento semelhante foi observado quando se comparou os valores de qMIC entre a videira irrigada (entrelinha) e a Caatinga. Maiores valores de qMIC indicam uma maior ciclagem de nutrientes e maior conversão do COT em CBM (SILVA et al., 2021). Adicionalmente, o qMIC é um índice utilizado para fornecer informações sobre a qualidade da MOS e ainda se o carbono do sistema está em equilíbrio, acumulando ou diminuindo (SILVA et al., 2021). O qMIC é influenciado por diversos fatores, como o grau de estabilização do C orgânico e ainda podendo estar associado a menores perturbações no solo (CUNHA et al., 2011).

Os dados obtidos no presente trabalho corroboram com o trabalho de Lopes et al. (2012), ao estudar a biomassa microbiana e matéria orgânica em solos de Caatinga e cultivado com melão na Chapada do Apodi, em que foi observado um aumento gradual nos valores de qMIC no solo da Caatinga até a profundidade de 0,3 m. Assim, o maior valor de qMIC no solo sob Caatinga reflete a maior utilização de C pela microbiota do solo e indica que o conteúdo de C se manteve mais estável nesse sistema. Pode estar relacionado também ao tipo ou complexidade do carbono disponível, por ser menos complexo na Caatinga, onde foi observado mais folhas do que ramos e galhos. Por outro lado, os menores valores de qMIC no solo sob videira irrigada em relação ao solo da Caatinga, pode estar relacionado ao tipo ou complexidade do carbono disponível nesse local, onde foi observado mais galhos sobre o solo, ou seja, um material mais complexo, com mais lignina, provenientes dos restos de poda, resultando em baixa qualidade do material orgânico para os microrganismos do solo (CUNHA et al., 2021).

Em 2021, o solo sob o cultivo da videira irrigada também apresentou menores valores de qMIC (linha: 1,26%, entrelinha: 1,04%) em relação ao solo sob Caatinga (2,19%) na camada de 0,0-0,2 m de profundidade (Figura 3C). Menores valores de qMIC indicam menor conversão do COT em CBM no solo sob videira irrigada em

função do manejo adotado, o que pode estar associado a uma menor qualidade da matéria orgânica do solo para microrganismos e às maiores perturbações que ocorrem principalmente na entrelinha da videira irrigada, tais como, pisoteio de pessoas, capinas mecânicas, trânsito de maquinários para aplicação de defensivos agrícolas (DADALTO et al., 2015). Segundo Guimarães et al. (2017), maiores valores de qMIC podem ser atribuídos ao fato do solo não sofrer ação antrópica (aplicação de pesticidas e trânsito de máquinas agrícolas), o que pode favorecer a imobilização do carbono orgânico na biomassa microbiana do solo. Solos com valores de qMIC inferiores a 1,0% indicam que a dinâmica da matéria orgânica é muito mais lenta nesses sistemas. Essa relação tem sido relatada como um indicador da qualidade da matéria orgânica do solo e expressa a eficiência da biomassa frente às alterações nos processos do solo (NUNES et al., 2018).

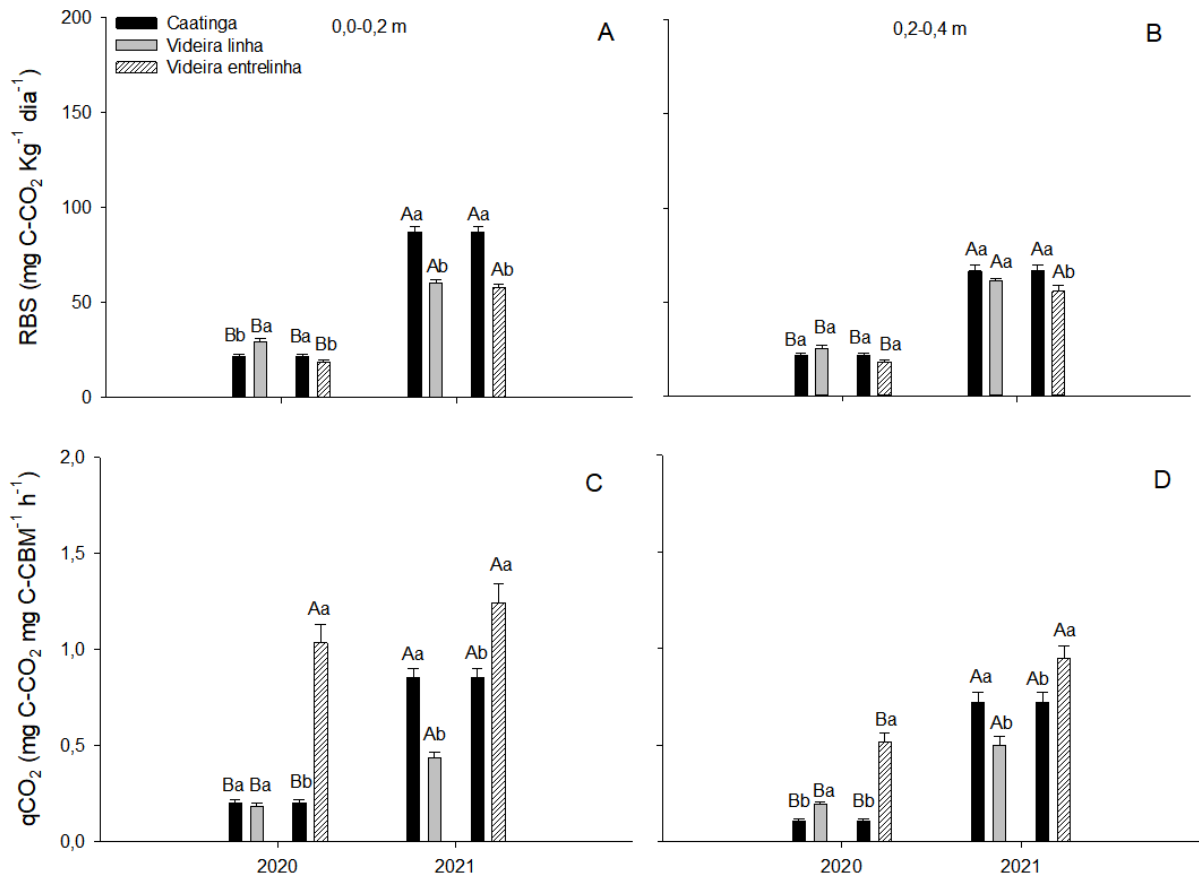
Comparando-se os anos de 2020 com 2021, observa-se que não houve diferenças nos valores de qMIC para o solo sob a linha e entrelinha de cultivo de videira, mostrando que os valores de qMIC se mantiveram estáveis de um ano para o outro, apesar do menor índice pluviométrico no ano de 2021 (Figura 1). A redução de água nos solos associado às altas temperaturas pode acarretar a diminuição da população de microrganismos (HOFFMANN et al., 2018).

## **Respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>)**

### **RBS**

Em 2020, os valores de respiração basal do solo (RBS) diferiram significativamente entre os usos em estudo, sendo que o solo sob a linha de cultivo da videira apresentou maior valor de RBS (28,96 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (21,81 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) na camada de 0,0-0,2 m de profundidade (Figura 4A). Por outro lado, o valor de RBS na entrelinha da videira irrigada foi menor (18,77 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) em relação ao solo sob a Caatinga (21,81 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). A aplicação anual de esterco caprino e o aporte de resíduos da poda da videira na linha de plantio contribuiu para estimular a atividade dos microrganismos no solo (MEDEIROS et al., 2019), refletindo em maior valor da RBS. Além disso, o solo da linha de cultivo possui uma maior cobertura vegetal, devido ao sistema de latada que a planta é conduzida, não favorecendo a incidência direta

da radiação solar na superfície do solo, uma vez que altas temperaturas do solo pode causar redução na atividade microbiana. Por outro lado, o solo sob a Caatinga fica mais exposto à incidência direta da radiação solar, em função da predominância de plantas de pequeno porte.



**FIGURA 4 -** Respiração basal do solo (RBS) (A, B) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) (C, D) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade do solo sob cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) em relação à Caatinga para os anos de 2020 e 2021. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre os anos (2020-2021) pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras verticais representam o erro-padrão da média.

Santos et al. (2021), ao avaliar o efeito do cultivo de videira na RBS em relação à Caatinga em Luvisolo no Estado da Paraíba, observaram que a RBS foi maior no solo cultivado com videira quando comparado ao solo sob Caatinga na camada de 0,0-0,2 m de profundidade. Isso ocorreu em função da maior umidade e menor temperatura do solo devido às lâminas de água da irrigação e a deposição de material orgânico que favorece e eleva a atividade dos microrganismos na decomposição dos resíduos orgânicos.

A RBS tanto pode indicar um maior equilíbrio energético no sistema, pois pode ser resultado de acúmulo de matéria orgânica formada principalmente de frações lábeis, suscetíveis à decomposição, como pode indicar também um consumo intenso de C oxidável pelos microrganismos do solo, para sua manutenção em situações onde a biomassa microbiana está sob fatores de estresse (NUNES et al., 2009). Conforme Guimarães et al. (2017), o índice de RBS é expresso pela taxa de respiração dos microrganismos e uma taxa alta de respiração pode significar, a curto prazo, a maior presença de microrganismos e, conseqüentemente, a disponibilização de nutrientes no solo, considerando que a decomposição do material vegetal poderá disponibilizar nutrientes para as plantas. À medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menor é a emissão de CO<sub>2</sub> pela respiração (LUNA et al., 2019).

Em 2021, o solo sob a linha de cultivo da videira apresentou menor valor da RBS (60,15 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (87,14 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) na camada de 0,0-0,2 m de profundidade (Figura 4A). Comportamento semelhante foi observado comparando-se o solo da entrelinha de cultivo de videira com o solo da Caatinga nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade.

Os maiores valores de RBS no solo da Caatinga podem refletir em condições menos favoráveis a atividade microbiana do solo, influenciada pela menor precipitação pluviométrica ocorrida no ano de 2021, associada às temperaturas elevadas do semiárido (Figura 1). Sabe-se que os microrganismos do solo também podem aumentar a sua atividade quando são submetidos a condições de estresses (CUNHA et al., 2021). No entanto, é importante avaliar RBS em conjunto com outros indicadores, como, por exemplo, o qCO<sub>2</sub>. Valores de RBS e qCO<sub>2</sub> elevados evidenciam que as populações microbianas investem a maior parte de sua energia para sua manutenção, refletindo assim em maior estresse da microbiota edáfica dos solos (LUNA et al., 2019).

Lazzaretti et al. (2019) também observaram maiores valores de RBS no solo sob mata nativa (Mata Atlântica) em relação ao cultivo de videira na camada de 0,0-0,1 m de profundidade, no Rio Grande do Sul, em função da ausência de revolvimento do solo, maior diversidade florística e acúmulo de serapilheira na mata nativa.

Comparando-se o ano de 2020 com 2021, observa-se que houve aumento nos valores da RBS para a linha e entrelinha de cultivo de videira nas camadas de 0,0-0,2

e 0,2-0,4 m de profundidade (Figuras 4A, B). O aumento no valor da RBS no solo da linha de cultivo de videira pode estar associado à aplicação da fibra de coco que ocorreu no momento da segunda coleta do solo. Enquanto o aumento da RBS no solo da entrelinha de cultivo de videira pode ter sido influenciado pela menor umidade do solo, devido à redução de chuva no segundo ano de avaliação.

## **qCO<sub>2</sub>**

Em 2020, o valor de quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) foi maior na linha de cultivo da videira irrigada (0,19 mg C-C O<sub>2</sub> mg C-CBM<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) quando comparada ao solo da Caatinga (0,10 mg C-C O<sub>2</sub> mg C-CBM<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) na camada de 0,2-0,4 m de profundidade (Figura 4D). Os valores de qCO<sub>2</sub> também foram maiores no solo da entrelinha de cultivo de videira em relação ao solo sob a Caatinga nas duas camadas de solo avaliadas. O menor aporte de material orgânico, bem como o menor efeito rizosférico na camada mais profunda do solo da linha e entrelinha de cultivo de videira, pode estar associada aos maiores valores de qCO<sub>2</sub>, indicando assim condições menos favoráveis ao desenvolvimento microbiano. Por outro lado, o manejo adotado na linha de cultivo de videira irrigada está sendo eficiente, mantendo a qualidade biológica do solo, com valores semelhantes de qCO<sub>2</sub> em relação à Caatinga na camada mais superficial do solo.

Ao avaliar os indicadores microbiológicos em Neossolos Flúvicos cultivados com frutíferas (citrus e maracujá) em relação à Caatinga Hiperxerófila no Estado da Paraíba, observaram que os valores de qCO<sub>2</sub> não diferiram entre o cultivo de frutíferas e a Caatinga, indicando assim que os dois sistemas estão estáveis, ou seja, em equilíbrio (SANTOS et al., 2021).

Os valores de qCO<sub>2</sub> representam a quantidade de C-CO<sub>2</sub> liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo. Os maiores valores de qCO<sub>2</sub> observados na entrelinha de cultivo pode estar relacionado com o sistema de manejo conduzido como revolvimento frequente da camada superficial do solo, que promove rompimento dos agregados, modificando a estrutura do solo, conseqüentemente, deixando a matéria orgânica mais suscetível ao ataque microbiano, aumentando a taxa de mineralização e a liberação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (NOVAK et al., 2018).

Em 2021, o solo da linha de cultivo apresentou menores valores de qCO<sub>2</sub> (0,43 e 0,49 mg C-CO<sub>2</sub> mg C-CBM<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) quando comparado ao solo da Caatinga (0,85 e

0,72 C-CO<sub>2</sub> mg C-CBM<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, respectivamente (Figuras 4C, D). Por outro lado, o solo da entrelinha de cultivo da videira apresentou maiores valores de qCO<sub>2</sub> (1,24 e 0,94 mg C-CO<sub>2</sub> mg C-CBM<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) em relação ao solo da Caatinga (0,85 e 0,72 C-CO<sub>2</sub> mg C-CBM<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. O qCO<sub>2</sub> é sensível aos efeitos ambientais e antropogênicos e é um bom indicador de qualidade do solo (SANTOS et al., 2021). A reposição de material orgânico e incorporação de material vegetal proveniente da poda da videira podem estar proporcionando melhores condições na linha de cultivo de videira irrigada. Segundo Luna et al. (2019), o qCO<sub>2</sub> geralmente tende a ser mais baixo em ambientes equilibrados, refletindo em uma menor quantidade de C perdida na forma de CO<sub>2</sub> pela respiração, em função de uma fração significativa de C ser incorporada à biomassa microbiana.

Valores mais elevados de qCO<sub>2</sub> na entrelinha de cultivo de videira podem indicar solos menos estáveis, mais estressados, e com tendências à degradação, principalmente pela perda de material, que nesse estudo pode estar relacionado ao revolvimento frequente do solo, prática comum para a limpeza e abertura das ruas na área da entrelinha da videira, devido ao trânsito diário de máquinas para aplicação de agroquímicos, além disso, não é realizada aplicação de esterco caprino, fibra de coco e *Bacillus subtilis* nesse local. Estas condições podem levar ao desequilíbrio da comunidade microbiana, proporcionando condições de estresse (SANTOS et al., 2015), resultando em maiores perdas de CO<sub>2</sub> e menor incorporação de carbono ao tecido celular.

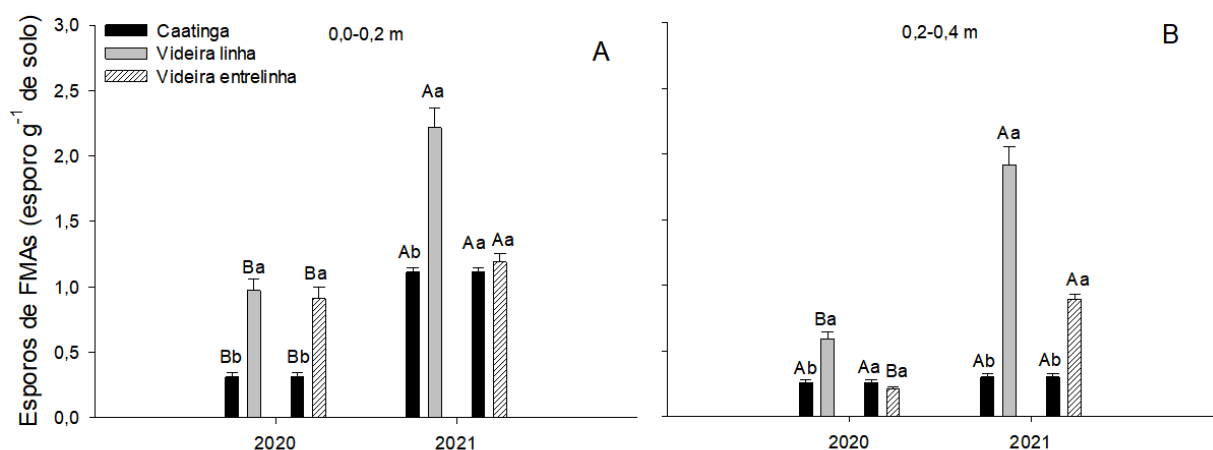
Em solos sob maiores condições de estresse, há uma ineficiência em converter o carbono assimilado em biomassa, pois este vai para vias de atenuação de estresses no organismo de comunidades microbianas (NUNES et al., 2018). Segundo Lazzaretti et al. (2019), sistemas de manejo do solo que minimiza o revolvimento do solo, que mantém o solo com cobertura vegetal, elevam a deposição da matéria orgânica e preserva o habitat dos microrganismos, dessa forma contribuem para a sustentabilidade do sistema agrícola e, conseqüentemente, reduz o qCO<sub>2</sub>.

Comparando-se o ano de 2020 com 2021, observa-se que houve aumento nos valores de qCO<sub>2</sub> para linha de cultivo da videira nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade (Figuras 4C, D). Comportamento semelhante foi observado para a entrelinha de cultivo de videira na camada de 0,2-0,4 m. Possivelmente, a menor

quantidade de chuva no ano de 2021, associado às elevadas temperaturas, podem ter contribuído para os maiores valores de  $q\text{CO}_2$  no solo sob videira.

### Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)

Em 2020, o solo da linha de cultivo apresentou maiores densidades de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (0,97 e 0,59 esporos  $\text{g}^{-1}$  de solo) quando comparado ao solo sob Caatinga (0,31 e 0,26 esporos  $\text{g}^{-1}$  de solo) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, respectivamente (Figuras 5A, B). Comportamento semelhante foi observado para o solo da entrelinha de cultivo de videira em relação ao solo da Caatinga na camada de 0,0-0,2 m de profundidade (Figura 5A). A maior densidade de esporos de FMAs observado no solo sob videira irrigada pode estar associada a maior eficiência de alocação de C das plantas de videira para os FMAs, principalmente na camada mais superficial do solo. Além disso, no momento da coleta do solo, foi observado a presença de algumas plantas daninhas, com predominância de breo (*Amaranthus viridis* L.) e grama-seda (*Cynodon dactylon*), cujo efeito rizosférico dessas plantas pode também ter favorecido o maior número de esporos de FMAs. Quando a alocação de C é mais efetiva, favorece o aumento na produção de esporos de FMA (CHRISTIAN; BEVER, 2018).



**FIGURA 5** - Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas camadas de 0,0-0,2 (A) e 0,2-0,4 m (B) de profundidade de solos sob cultivo de videira irrigada (linha e entrelinha) em relação à Caatinga para os anos de 2020 e 2021. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre os anos (2020-2021) pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras verticais representam o erro-padrão da média.

Considerando a capacidade da planta de alocar o C pelas raízes para os fungos benéficos do solo, através de relações mutualísticas, Koziol e Bever (2016) estimaram que 25% do C fixo total da planta é preferencialmente alocado para fungo micorrízico em troca de P do solo, porém, elevados valores de P no solo influenciam negativamente os FMAs do solo. Cabe ressaltar que o solo da linha de cultivo de videira apresentou elevados teores de P disponível (75,33 e 32,87 mg dm<sup>-3</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (1,68 e 0,77 mg dm<sup>-3</sup>) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m, respectivamente (Tabela 1). No entanto, os elevados valores de P disponíveis não reduziram a esporulação de FMAs no solo sob videira. Em geral, solos com elevados teores de P disponíveis (>40 mg dm<sup>-3</sup>) não favorecem a esporulação e a diversidade de FMAs (LIMA et al., 2020; TEIXEIRA-RIOS et al., 2018). Pereira et al. (2021), ao estudar um Argissolo Vermelho Amarelo cultivado com mangueira irrigada no município de Petrolina-PE, observaram que as menores quantidades de colonização de FMAs foram observadas no solo com o maior teor de P disponível (60 mg dm<sup>-3</sup>). No entanto, Coutinho et al. (2017), ao estudar FMAs em solos sob cultivo de videira em Petrolina-PE, com ou sem a adição de P no solo, observaram que a adição de P em solo cultivado com videira não teve efeito sobre o número de esporos de FMAs. A hipótese é de que o P no solo não está disponível, refletindo em uma maior dependência da videira aos FMAs (ABREU et al., 2018).

A aplicação da bactéria *Bacillus subtilis* via fertirrigação na linha de cultivo da videira também pode ter influenciado positivamente os esporos de FMAs no solo. Algumas bactérias apresentam correlação positiva com a produção de esporos, isso pode ser devido à liberação de compostos como rafinose e hormônios pela comunidade procariótica e conseguem estimular o desenvolvimento de FMAs (VIEIRA et al., 2021). Silva et al. (2022), ao estudarem a interação de *Bacillus subtilis* e FMAs inoculados no solo com mudas de baru, observaram que essas bactérias elevaram a colonização de FMAs. Os autores justificam que a interação pelos quais o *Bacillus subtilis* e os FMAs estimulam reciprocamente pode ser explicado pela exsudação radicular mais rica, fonte de nutrientes para diversos microrganismos no solo.

Em 2021, o solo da linha de cultivo de videira irrigada também apresentou maiores densidades de esporos de FMAs (2,22 e 1,92 esporos g<sup>-1</sup> de solo) em relação



ao solo sob Caatinga (1,11 e 0,30 esporos  $g^{-1}$  de solo) nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, respectivamente (Figuras 5A, B).

Pereira et al. (2021) também observaram maior densidade de esporos de FMAs na linha de plantio de mangueira (0,7 esporos  $g^{-1}$  de solo) em relação ao solo sob Caatinga (0,3 esporos  $g^{-1}$  de solo) em Petrolina-PE, em função da maior deposição de resíduos vegetais na linha de cultivo da mangueira. A menor densidade de esporos de FMAs observados no solo da Caatinga pode estar associada à fisiologia das plantas hospedeiras existentes nesse bioma, ou a presença de organismos predadores de esporos. As plantas da Caatinga possuem um mecanismo de sobrevivência a longos períodos de seca e isso pode influenciar os padrões de esporulação dos FMAs, pois algumas espécies vegetais nativas, devido às condições limitadas desse ambiente, diminuem os níveis de fotossintatos fornecidos pelas raízes e pode causar uma redução na comunidade dos FMAs (TEIXEIRA-RIOS et al., 2018).

O cultivo de videira e laranjeira apresentaram maiores valores de densidade de esporos de FMAs em relação mata nativa na região Norte do Estado do Rio Grande do Sul, acreditando-se que em ecossistemas naturais, a ciclagem de nutrientes pode ser mais intensa e, conseqüentemente, o estímulo para ocorrência das interações micorrízicas com seus hospedeiros pode ser reduzido (SILVA et al., 2015).

Comparando-se o ano de 2020 com 2021, observa-se que houve um aumento na densidade de esporos de FMAs no solo da linha e entrelinha de cultivo de videira irrigada nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade (Figuras 5A, B).

Os incrementos na densidade de esporos de FMAs no solo pode refletir em melhorias na qualidade. O benefício promovido pela associação micorrízica está no aumento da absorção de água e nutrientes para a planta, que favorece o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas (TEDERSOO; BAHRAM, 2019).

Para maximizar esses efeitos, faz-se necessária a adoção de práticas conservacionistas como rotação de culturas, adubação verde, redução na utilização de insumos químicos e cultivo mínimo (SILVA et al., 2021). A adubação verde com diferentes misturas de plantas produz efeitos benéficos sobre os FMAs em cultivo irrigado no semiárido, ainda que haja revolvimento do solo (PEREIRA et al., 2021). O ambiente com alta cobertura vegetal estimula a maior produção de esporos de FMAs (VIEIRA et al., 2021).

## CONCLUSÕES

A influência do cultivo de videira irrigada nos atributos microbiológicos de qualidade do solo, em relação à Caatinga, é influenciada pela área de deposição de resíduos.

A aplicação de esterco caprino, palha de coco, *Bacillus subtilis*, resíduos de poda e a fertilização mineral, na área anteriormente ocupada pela Caatinga, constitui estratégias de manejo para possibilitar melhorias na qualidade de solos frágeis do semiárido, principalmente na camada mais superficial do solo, em função dos aumentos do carbono da biomassa microbiana e densidade de esporos de FMAs e redução de qCO<sub>2</sub> na linha de plantio.

## REFERÊNCIAS

ABREU, G.M.; SCHIAVO, J.A.; ABREU, P.M.; BOBADILHA, G.S.; ROSSET, J.S. Crescimento inicial e absorção de fósforo e nitrogênio de *Enterolobium contortisiliquum* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n 1, p.156-164, 2018.

ALVARES, A. C.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental condition, such as pH on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 393-395, 1993.

ARCOVERDE, S.N.S.; CORTEZ, J.W.; PEREIRA, J.S. Physical attributes of soil under different use in semiarid baiano. **Holos**, 34, vol. 04, 2018.

ASSUNÇÃO, S.A.; PEREIRA, M.G.; ROSSET, J.S.; BERBARA, R.L.L.; GARCIA, A.C. Carbon input and the structural quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil. **Science of the Total Environment**, 658 901–911, 2019.

CASTRO, S. S.; HERNANI, L.C. (Ed.). Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade. Brasília: **Embrapa Semiárido**. p. 207-239, 2015.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. janeiro de 2022/julho de 2022 -**HORTIFRUTI BRASIL** [internet]. **Disponível em:** <https://www.cepea.org.br/br/diarias-de-mercado/uva-cepea-exportacoes>. Acessado em 10 set 2022.

CHRISTIAN, N.; BEVER, J. D. Carbon allocation and competition maintain variation in plant root mutualisms. **Ecology and Evolution**, 8, 5792-5800, 2018.

COUTINHO, F. P.; SILVA, E. M.; YANO-MELO, A. M. Inoculation of phosphate-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon). **Revista Biociências** - Universidade de Taubaté - v.23 - n.2 – 2017.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A.; LEANDRO, W.M. Soil tillage systems and cover crops in organic production of common bean and corn. II - soil biological properties. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:603-611, 2011.

CUNHA, J.R.; FREITAS, R.C.A.; SOUZA, D.J.A.T.; GUALBERTO, A.V.S.; SOUZA, H.A.; LEITE, L.F.C. Soil biological attributes in monoculture and integrated systems in the Cerrado region of Piauí State, **Brazil. Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 43, e51814, 2021.

DADALTO, J.P.; FERNANDES, H.C.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P.R.; MATOS, A.T. Tillage influence on soil microbial activity. **Eng. Agríc; Jaboticabal**, v.35, n.3, p.506-513, maio/jun. 2015.

DORNELLES, H.S.; MATSUOKA, M.; BINELO, L.A.; PAUVELS, L.A.; CARO, C.M.; SILVA, V.R. Biomassa e atividade microbiana de solos com aplicação de resíduo sólido urbano e dejetos líquidos de suínos. **RBCIAMB**, n.44, p. 18-26, jun. 2017.

FILIZOLA, H. F.; FONTANA, A.; DONAGEMMA, G. K.; VIANA, J. H. M.; LUIZ, A. J. B.; SOUZA, M.D. Diagnóstico de atributos físico-hídricos dos solos de textura arenosa em áreas de intensificação agrícola no bioma Cerrado. **BOLETIM DE PESQUISA (EMBRAPA MEIO AMBIENTE)**, v. 84, p. 1-75, 2019.

GERDEMANN, J. W.; NICHOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n.1, p. 235-244, 1963.

GOMES, S. S.; GOMES, M. S.; GALLO, A. S.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; SILVA, R. F. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Rev. Fac. Agron. La Plata**, v. 114, p. 30-37, 2015.

GUIMARÃES, N.F.; GALLO, A.S.; FONTANET, A.; MENEGHIN, S.P.; SOUZA, M.D.B.; MORINIGO, K.P.G.; SILVA, R.F. Biomass and soil microbial activity in different systems of coffee cultivation. **Revista de Ciências Agrárias**, 40(1): 34-44, 2017.

Haji, F. N.; LOPES, P. R. C.; MOREIRA, A. N.; COSTA, V. S. de O. Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de uvas finas de mesa. Petrolina: **Embrapa Semiárido**, 74 p., 2003.

HASSANI, M.A.; DURÁN, P.; HACQUA, R.D. S. Microbial interactions within the plant holobiont. **Microbiome**. 6 (58), 1–17, 2018.

HOFFMANN, R.B.; MOREIRA, E.E.A.; HOFFMANN, G.S.S.; ARAÚJO, N.S.F. Effect of soil management on microbial biomass carbon. **Braz. J. Anim. Environ. Res.**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 168-178, jul./set. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola 2021**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 jul. 2022.

ISERMEYER, H. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. **Zeitschrift für Pflanzenernährung**, Düngung, Bodenkunde, v. 56, n. 1-3, p. 26-38, 1952.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

KOZIOL, L.; J. D. BEVER. AMF, phylogeny, and succession: specificity of response to mycorrhizal fungi increases for late-successional plants. **Ecosphere**, v. 7, p.1555, 2016.

LAZZARETTI, G.; MATSUOKA, M.; BETTIO, I.; PAVEGLIO, S. S.; SHALLEMBERGER, J.B.; SOMAVILLA, L. Impacto de diferentes sistemas agrícolas e florestal na qualidade química e biológica do solo de uma propriedade rural. **Revista gestão e sustentabilidade ambiental**, v. 8, p. 330, 2019.

LEMMA, B.; KEBEDE, F.; MESFIN, S.; FITIWY, I.; ABRAHA, Z.; NORRGROVE, L. Quantifying annual soil and nutrient lost by rill erosion in continuously used semiarid farmlands. **Environment Earth Science**, v.76, p. 190-198, 2017.

LIMA, R.L.F.A. Arbuscular mycorrhizae and phosphorus uptake in soils as a function of adsorption capacity and competition with microbiota. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.03, 1062-1079, 2020.

LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G. D.; SILVA, J. R.; MEDEIROS J, F. A.; SANTOS, M. N. D.; BATISTA, R. O. Microbial biomass and organic matter in soil of Caatinga, cultivated with melon in Chapada do Apodi, Ceará State. **Revista Ceres**, v. 59, p. 565-570, 2012.

LUNA, R.G.; LUNA, J.G.; ANDRADE, A.P.; SOUTO, J.S.; LIRA, K.G. Biomassa e atividade microbianas em áreas de caatinga sob diferentes densidades de caprinos. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.** vol. 6, n. 12, p. 217-250, 2019.

MEDEIROS, T.S.; GOMES, A.R.M.G.; ALVES, M.P.B.; MARCELINO, A.S.; SANTOS, D.M.; GIONGO, A.M.M.; COSTA, A.R. Production of radish (*Raphanus sativus*L.) cultivated under bovine manure levels and soil basal respiration. **Braz. Ap. Sci. Rev.**, Curitiba, v.3, n. 2, p. 1348-1357, mar./abr. 2019.

NOVAK, E.; CARVALHO, L.A.; SANTIAGO, E.F.; BRUMATTI, A.V.; SANTOS, L.L.; SALES, L.C. Time variation of soil microbiological attributes under different uses. **Revista de Ciências Agrárias**, 41(3): 603-611, 2018.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. de; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; MENEZES, R. Í. de Q. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob caatinga no semi-árido nordestino. **Revista Caatinga**, v. 22, n.1, p. 131-140, 2009.

NUNES, LAPL; PESSOA, MCM; SILVA, FR; ARAÚJO, ASF; MATOS FILHO, CHA, & SANTOS, VB. Atributos microbiológicos de latossolos amarelos sob diferentes monocultivos na região do cerrado piauiense. **Revista de Biociência**, 34(5), 1210-1218, 2018.

PEREIRA, V.S.; GIONGO, V.; LIMA, R.L.F.A. Arbuscular Mycorrhizae as a Biological Indicator for Selection Models of Multifunctional Agroecosystems: 2. Fruit tree. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.05, 3108-3124, 2021.

PONTES, J.S.; OEHL, F.; MARINHO, F.; COYNE, D. SILVA, D.K.A.; YANO-MELO, A.M.; MAIA, L.C. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na caatinga brasileira e agroecossistemas experimentais. **Biotropica**, 0(0): 1–15, 2017.

REIS, J.B.R.S.; JESUS, A.M.; JUNIOR, J.L.O. Solarização do solo na microbiota e no desenvolvimento inicial do abacaxizeiro com diferentes lâminas de irrigação. **Cad. Ciênc. Agra.**, v. 9, n. 1, p. 19-30, 2017.

SANTOS, C.A.; KRAWULSKI, C.C.; BINI, D.; FILHO, T.G.; KNOB, A.; MEDINA, C.C.; FILHO, G.A. & NOGUEIRA, M.A. Reclamation status of a degraded pasture based on soil health indicators. **Scientia Agricola**, vol. 72, n. 3, p. 195-202, 2015.

SANTOS, H.G.; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, J.B.; LUMBRERAS, J.F.; ANJOS, L.H.C.; COELHO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, V.A. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 3ª Edição, **Embrapa**. 353p. 2013.

SANTOS, S.C.; LIMA, A.S.; SANTOS, A.F.; GUERREIRO, A.C.; ABRANTES, J.V. Qualidade biológica dos solos sob sistemas de uso na fazenda experimental de São Domingos-PB. **Revista Ibero-Americana e Ciências Ambientais**, v12, n.10, p.11-24, 2021.

SILVA, D.P.; FREITAS, C.E.F.; OLIVEIRA, P.B.; BUENO, P.A.A.; SILVA, C.C.; CRISTOFOLI, J.B. Effect of biofertilizer inoculation on bacillus subtilis and trichoderma spp. in areas of agricultural cultivation in the municipality of Nova Tebas –Paraná. **Braz. J. Anim. Environ. Res.**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 1020-1027, edição especial, mai. 2019.

SILVA, M.O; SANTOS, M.P; SOUSA, A.C, P; SILVA, R.L.V; MOURA, I.A.A; SILVA, R.S; COSTA, K.D.S. Soil quality: biological indicators for sustainable management. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 6853-6875, 2021.

SILVA, P.S.T.; PRATES, A.R.; FERNANDES, D.M.; CASSIOLATO, A.M.R.; MALTONI, K.L. Microrganismos e lodo de esgoto compostado no desenvolvimento inicial de mudas de baru em vasos. **Eng Sanit Ambient**, v.27, n.5, 1021-1029, set/out, 2022.

SILVA, R.F.; MARCO, R.D.; BERTOLLO, G.M.; MATSOUKA, M.; MENEGOL, D.R. The influence of soil use on the occurrence and diversity of AMFs in a oxisol from Southern Brazil. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 1851-1862, 2015.

TEDERSOO, L., BAHRAM, M. Mycorrhizal types differ in ecophysiology and alter plant nutrition and soil processes. **Biological Reviews**, 94, 1857–1880, 2019.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. Manual de métodos de análise de solo. 3ª.ed. Rio de Janeiro: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2017.

TEIXEIRA-RIOS, T.; SILVA, D.K.A.; GOTO, B.T.; YANO-MELO, A.M. Seasonal differences in arbuscular mycorrhizal fungal communities in two woody species dominating semiarid caatinga forests. **FOLIA GEOBOTANICA**, v. 53, p. 191-200, 2018.

VIEIRA, C.K.; BORGES, L.G.A.; BORTOLINI, J.G.; SOARES, C.F.R.S.; GIONGO, A.; STURMER, S.L. Does a decrease in microbial biomass alter mycorrhizal attributes and soil quality indicators in coal mining areas under revegetation process? **Sci. Ambiente Total**. 802 149843, 2021.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

## 5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O cultivo de videira irrigada promove alterações nos estoques de carbono dos compartimentos da matéria orgânica do solo e nos indicadores microbiológicos de qualidade do solo, em relação à Caatinga, influenciados pela área de deposição de resíduos.

As práticas de manejo adotadas no cultivo de videira irrigada (linha de plantio) em solo frágil no semiárido (aplicação de esterco caprino, fibra de coco, *Bacillus subtilis*, poda e a fertilização mineral), em área anteriormente ocupada pela Caatinga, caracterizam-se estratégias de manejo que permitem melhorias na qualidade do solo, promovendo incrementos nos estoques de carbono orgânico total, carbono das substâncias húmicas, carbono da biomassa microbiana, densidade de esporos de FMAs e redução de qCO<sub>2</sub>.