



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE RECIFE

ALCILEIA SALES

USO DE GLOMALINA PARA AVALIAR A QUALIDADE DO SOLO NO SEMIÁRIDO

RECIFE - PE

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DE RECIFE

GEOGRAFIA-LICENCIATURA

ALCILEIA SALES

USO DE GLOMALINA PARA AVALIAR A QUALIDADE DO SOLO NO SEMIÁRIDO

TCC apresentado ao Departamento de Ciências Geográficas, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Recife, como requisito para a obtenção do título de Licenciada.

Orientador(a): Maria de Socorro Bezerra de Araujo

Coorientador(a): Juscelia da Silva Ferreira

RECIFE – PE

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

sales, Alcileia .

Uso de glomalina para avaliar a qualidade do solo no Semiárido / Alcileia sales. - Recife, 2024.

37 : il.

Orientador(a): Maria de Socorro Bezerra de Araujo

Coorientador(a): Juscelia da Silva Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Geografia - Licenciatura, 2024.

Inclui referências, apêndices.

1. Fungo Micorrízico. 2. Glicoproteína. 3. Pastejo . I. Araujo, Maria de Socorro Bezerra de . (Orientação). II. Ferreira, Juscelia da Silva . (Coorientação). IV. Título.

550 CDD (22.ed.)

ALCILEIA SALES

USO DE GLOMALINA PARA AVALIAR A QUALIDADE DO SOLO NO SEMIÁRIDO

TCC apresentado ao Curso De Geografia- Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Recife, como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Aprovado em: 15/07/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 MARIA DO SOCORRO BEZERRA DE ARAUJO
Data: 23/07/2024 23:14:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Maria de Socorro Araujo(Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Cybelle Souza de Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dra. Jéssica Rafaella de Sousa Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me dado sabedoria, força de vontade e muita calma para chegar até aqui. Agradeço também as minhas mães, Maria de Lourdes Sales, Vânia Bernardo da Silva e Vasti Bernardo da Silva por serem minhas inspirações de mulheres guerreiras que nunca desistiram dos meus sonhos e sonharam com eles comigo.

Ao meu Pai Josué Bernardo da Silva e a minha avó, Jacilene Tavares da Silva(Cucula) que sempre serão as pessoas mais importantes do mundo pra mim e que mesmo não estando aqui comigo nessa etapa tão importante da minha vida e não tendo as mesmas oportunidades de estudo que eu tive, me incentivaram a alcançar algo que nem sequer tinham conhecimento. Agradeço também ao meu irmão, Josué Bernardo da Silva Neto e ao meu pai adotivo Marcio Almeida que me incentivam todos os dias a ser uma pessoa melhor, por mim e por eles.

As minhas amigas de turma na graduação: Bruna Ketelin, Amanda Eduarda, e Laura Vitória, que apesar das dificuldades me fizeram ter uma graduação menos árdua e com muitas risadas. Aos meus amigos de Mestrado Sandra Dias e Karina Maria por sempre me auxiliarem com as dúvidas freqüentes que tinha.

As Pos-Docs Juscélia da Silva e Cybelle Souza juntamente com as Prof. Dr Ana Dolores e Prof. Dr Socorro Araújo pela valiosa orientação acadêmica e oportunidade a mim concedida em fazer este estudo no bioma que cada vez mais eu conheço, mas eu amo. Obrigada pela confiança.

Aos professores do ensino básico da escola de Referência em Ensino Médio Nóbrega, por terem me ajudado a chegar à universidade. Também agradeço as pessoas que me ajudaram nas análises, direta e indiretamente.

Agradeço a banca examinadora pelo tempo, pelas importantes colaborações e sugestões. Ao grupo de Fixação biológica de nitrogênio. A rede de pesquisa PERENE. Ao CNPq, e a FACEPE pela bolsa de estudo concedida e pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

O solo apresenta uma grande diversidade de componentes químicos, físicos e biológicos e nele existem inúmeros organismos. Esses organismos apresentam uma alta sensibilidade às pequenas alterações do ecossistema, contribuindo na ciclagem de nutrientes e na fertilidade do solo. A conversão de ecossistemas naturais em pastagens pode provocar alterações nas propriedades e na qualidade do solo. Porém, após décadas de agricultura extrativista aliada à pressão de pastejo e à extração contínua de produtos florestais, foram observadas modificações intensas da Caatinga, que levaram ao desaparecimento de grande parte da vegetação de porte florestal, culminando com a desertificação de grandes áreas. Assim, pesquisas ecológicas em parcelas experimentais desenhadas para estudos de longa duração são essenciais para entender e medir as perturbações resultantes de alterações antrópicas e climáticas sobre variáveis biológicas e químicas dos ecossistemas. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a quantidade de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG) em áreas de uso forrageiro no bioma Caatinga. As coletas de solo foram realizadas em estações experimentais do IPA (Instituto Agrônomo de Pernambuco) e no Instituto federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE) localizadas nos municípios de Caruaru, São Bento do Una, Arcoverde, Sertânia, Araripina e Petrolina. Cada área de parcela inclui os seguintes tipos de cobertura vegetal: caatinga fechada (CF); caatinga aberta (CA) e pastagem (PA). Em cada um dos sistemas de uso da terra foram coletadas amostras de 0-20 cm, nas quais foram quantificados os teores de glomalina total e glomalina facilmente extraível. A regeneração da vegetação nativa resultou em aumento das quantidades de Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina (PSRG) facilmente extraível e total no solo, que apresentaram maiores valores nas parcelas de caatinga fechada (68,48%), seguidos da caatinga aberta (52,15%) e pastagem com herbáceas (44,48%). Esses resultados mostram que com a suspensão do pastejo as atividades de PSRG são bem maiores em parcelas de caatinga fechada do que em caatinga aberta e pastagem, além disso, esses dados alimentarão um repositório de informações sobre ciclagem de nutrientes em áreas utilizadas como recurso forrageiro para a pecuária no bioma Caatinga.

Palavras-Chave: fungo micorrízico, glicoproteína, pastejo.

ABSTRACT

Soil has a great diversity of chemical, physical and biological components and there are numerous organisms. These organisms are highly sensitive to small changes in the ecosystem, contributing to the circulation of nutrients and soil fertility. The conversion of natural ecosystems into pastures can cause changes in soil properties and quality. However, after decades of extractive agriculture combined with grazing pressure and the continuous reduction of forest products, intense changes were observed in the Caatinga, which led to the disappearance of a large part of the forest-sized vegetation, culminating in the desertification of large areas. Thus, ecological research in experimental plots designed for long-term studies is essential to understand and measure disturbances resulting from anthropogenic and climatic changes on biological and chemical variables of ecosystems. Therefore, this work aimed to evaluate the amount of soil proteins related to glomalin (PSRG) in areas of forage use in the Caatinga biome. Soil collections were carried out at experimental stations at IPA (Agronomic Institute of Pernambuco) and at the Federal Institute of Sertão Pernambucano (IFSertãoPE) located in the municipalities of Caruaru, São Bento do Una, Arcoverde, Sertânia, Araripina and Petrolina. Each plot area includes the following types of vegetation cover: closed caatinga (CF); open caatinga (CA) and pasture (PA). In each of the land use systems, samples of 0-20 cm were collected, in which the level of total glomalin and easily extractable glomalin were quantified. The regeneration of native vegetation resulted in an increase in the amounts of easily extractable and total Soil Proteins Related to Glomalin (PSRG) in the soil, which presented higher values in the closed caatinga plots (68.48%), followed by the open caatinga (52.15%) and pasture with herbaceous plants (44.48%). These results show that with the suspension of grazing, PSRG activities are much greater in closed caatinga plots than in open caatinga and pasture. Furthermore, dietary data are a repository of information on nutrient cycling in areas used as a forage resource for livestock farming in the Caatinga biome.

Keywords: mycorrhizal fungus, glycoprotein, grazing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição das unidades de pesquisa de longo prazo da Caatinga em diferentes municípios de Pernambuco	20
Figura 2 - Imagens demonstrativas de áreas classificadas como caatinga fechada	21
Figura 3 - Imagens demonstrativas de áreas classificadas como caatinga aberta.....	21
Figura 4 - Imagens demonstrativas de áreas classificadas como pastagem.....	22
Figura 5 - Tubo falcon contendo a PSRG-TO com sobrenadante logo após a autoclavagem e centrifugação.....	23
Figura 6 - Estimativas das proteínas do solo relacionadas à glomalina facilmente extraível (PSRG-FE) nos solos de Araripina, Arcoverde, Caruaru, Petrolina, São Bento do Una e Sertânia, sob Caatinga fechada (CF), Caatinga aberta (CA) e pastagem com herbácea (PA), com exclusão	24
Figura 7 - Estimativas das proteínas do solo relacionadas à glomalina Total (PSRG-TO) nos solos de Araripina, Arcoverde, Caruaru, Petrolina, São Bento do Una e Sertânia, sob Caatinga fechada (CF), Caatinga aberta (CA) e pastagem com herbácea (PA), com exclusão	26

LISTA DE ABREVIACOES

FMA	Fungos Micorrízicos Arbusculares
PSRG	Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina
PSRG-FE	Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina Facilmente Extraível
PSRG-TO	Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina Total
IPA	Instituto Agronômico de Pernambuco
IF	Instituto Federal
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Bioma Caatinga	13
2.2 Efeito do Pastejo Mediante a Condição do Solo	15
2.3 Bioanálise Do Solo: Indicadores biológicos da qualidade do solo	16
2.4 Proteínas Do Solo Relacionadas À Glomalina (PSRG)	16
3 OBJETIVOS	19
4 METODOLOGIA	20
4.1 Área de Estudo	20
4.2 Instalação do Experimento	20
4.3 Extração de Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 Efeitos Das Coberturas do Solo Sobre a Fração Facilmente Extraível das Proteínas do Solo Relacionadas à lomalina	24
5.2 Efeitos Das Coberturas do Solo Sobre a Fração Total das Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina	25
6 CONCLUSÃO	28
7 REFERÊNCIAS	29
8 APÊNDICE	35

1 INTRODUÇÃO

Dentro do território brasileiro existem seis biomas distintos. Entretanto, o único bioma exclusivamente brasileiro é o bioma Caatinga que abrange uma área de 862.818 km², 10,1% de todo o território nacional e os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais,(MMA, 2022). Uma das características do bioma Caatinga é em relação à distribuição das suas florestas, onde se observa uma grande área de florestas tropicais espinhosas e camadas herbáceas. Também são encontradas árvores e arbustos cuja densidade submete-se às condições climáticas e à conservação do solo. Outro fato relacionado ao bioma Caatinga é que grande parte do rebanho de caprinos e ovinos do Brasil (60% e 40%) está imerso nesta área, onde a quantificação da bovinocultura é de grande porte. A gestão de criação dos rebanhos é predominantemente extensiva, baseado em condições de sobrepastejo, configurando a vegetação da Caatinga uma fundamental fonte de alimento (Araújo Filho, 2013).

Apesar da importância da pecuária neste bioma, estudos para a adoção de práticas de manejo sustentáveis são insuficientes, onde a má utilização dos recursos da caatinga como, por exemplo: a exploração animal associado ao extrativismo insustentável pode levar a morte de algumas espécies e como resultado a perda da biodiversidade (Embrapa, 2007). O solo se organiza de forma dinâmica onde existem combinações de componentes físicos, biológicos e químicos e nele encontram-se diversos organismos (Snyder et al., 2013). Estes organismos, que incluem os micro- organismos, demonstram uma alta sensibilidade às pequenas alterações do ecossistema, promovem a decomposição de matéria orgânica, ajudando na ciclagem de nutrientes e na fertilidade do solo (Pen-Mouratov, 2010; Segura et al., 2018). Entretanto, a substituição da vegetação originária de Caatinga para lenha e sua modificação por pastagens e campos agrícolas, associados a grandes períodos de seca, estimulam a degradação do solo, deixando-o, frequentemente exposto à ação dos agentes climáticos, diminuindo seu potencial produtivo e causando danos, muitas vezes, irreversíveis (Menezes et al., 2005; Souto et al., 2009).

Diante disso, tornam-se fundamentais pesquisas relacionadas a proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG), pois entre as vitais funcionalidades da PSRG encontram-se o agrupamento das partículas minerais e orgânicas no solo, o apoio na defesa das hifas fúngicas (Barto et al., 2010), a grande relação com a estabilidade de agregados (Peng et al., 2013) e a sua interação com o carbono, auxiliando no acréscimo do carbono no solo (Driver et al., 2005). Assim, pesquisas ecológicas em parcelas experimentais para estudos de longa duração são essenciais para entender a atividade biológica do solo em áreas de uso forrageiro no bioma Caatinga.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bioma Caatinga

A Caatinga é um bioma unicamente brasileiro que ocupando uma área 844.453 km², 11% do território nacional e engloba os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe,(MMA, 2022).Uma das características marcantes neste bioma tão complexo diz respeito às variações na temperatura e precipitação, cujas temperaturas são relativamente altas em grande parte do ano e as chuvas irregulares. De acordo com Santos (2009),durante os dias mais quentes as temperaturas podem exceder os 45 °C e à noite podem chegar a 10 °C ou 15 °C em pontos mais altos. Já as variações na precipitação durante o ano variam entre 150 a 1300 mm, entretanto, na maior parte da Caatinga a precipitação é de menos 750 mm por ano (Alves; Araújo; Nascimento, 2009; Nimer, 1972; Ramalho, 2013).

Mediante aos limites do Bioma Caatinga, verifica-se que existem em diminuto cerca de 3.150 espécies de plantas, partilhado em 950 gêneros e 152 famílias de angiospermas. Fabaceae e Euphorbiaceae são as famílias mais versáteis dentro do bioma (Queiroz et al., 2017). Estabelecida no Semiárido nordestino, com clima quente e seco e uma evapotranspiração que pode alcançar os 2700 mm durante o ano (Carvalho-Neto et al., 2017), dentro dessa região encontram-se solos pouco intemperizados e uma grande vulnerabilidade socioeconômica da população (Mattar et al., 2018).

A vegetação da Caatinga é composta por fitofisionomias diversificadas, onde a aparência quase sempre seca da vegetação se manifesta mediante o regime de chuvas. Em sua maioria, a cobertura vegetal é dominada por plantas xerófilas, que no auge da sucessão ecológica apresenta três estratos (herbáceo, arbustivo e arbóreo), de composição botânica muito diversificada por razões edáficas, topográficas, antrópicas e principalmente climáticas (Rodal; Sampaio; Figueiredo, 2013). Essas mudanças estão representadas de tal forma que a vegetação da Caatinga apresenta vários espinhos, caules modificados, algumas suculentas, perda

de folhas na estação seca, folhas pequenas e com cutículas impermeáveis, para evitar a perda de água na evapotranspiração (Barbosa; Vieira; Rangel, 2014).

O nível de pluviosidade anual em cada área, a rede hidrográfica e as atividades antrópicas se modificam conforme as condições ambientais da vegetação da Caatinga, e isso possibilita a catalogação de diferentes tipos de solo e a flora predominante. Em algumas áreas denominadas de brejos são observados combinações de solos alagados e com maior fertilidade, a vegetação é mais diversificada e o relevo com a presença de serras apresenta uma vasta vegetação, favorecida pelas chuvas mais regulares, instaurando ilhas com mata ciliar no sertão (Pereira, 2013).

A influência da prática pecuarista é farto nessa região, onde 90% das propriedades criam bovinos, caprinos, abelhas, aves e ovinos, resultando num regime de criação predominantemente extensivo, baseado em condições de sobrepastejo, caracterizando a vegetação da Caatinga a principal fonte de alimento para os rebanhos (Araújo Filho, 2013).

Entre os fatores de formação do solo, o clima é o fator de maior peso, pois é crucial na velocidade do intemperismo das rochas (Thomas, 1994). Entretanto, quando se vai adentrando no ambiente semiárido, a umidade vai diminuindo, assim como o clima, de forma gradativa. Então, a partir desse ponto, a geologia passa a emergir, cada vez mais, se destacando no conjunto de características e propriedades dos solos. As classes de solo encontradas no bioma Caatinga são os Latossolos, Argissolos, Planossolos, Luvisolos e Neossolos. Em baixas proporções têm-se os Nitossolos, Chernossolos, Cambissolos, Vertissolos e Plintossolos (Jacomine, 1996; Brasil 1972 e 1973; Oliveira et al., 1992; Araújo Filho et al., 2000). Apesar de ter uma variabilidade de solos muito extensa na Caatinga, se tem observado ações antrópicas no bioma, como a substituição da vegetação natural por culturas agrícolas, perda da matéria orgânica no solo, modificações na microbiota do solo e práticas pecuárias que tem sido prejudicial, ocasionando processos de desertificação e conseqüentemente uma diminuição significativa da biodiversidade (Sampaio; Araújo; Sampaio 2005).

2.2 Efeito do Pastejo Mediante a Condição do Solo

Na Caatinga, o manejo pastoril é grandemente extensivo e não se tem grandes preocupações mediante as pastagens, explicitando que a atividade pastoril é um exemplo de extrativismo destrutivo. De uma forma geral, não se reconhece o conceito de sobrepastejo, dessa forma, a produção dos rebanhos apresenta impactos significativos no solo. As consequências mediante a infra-estrutura do solo são anfigúrico, onde se demonstra alterações na fertilidade física, química e biológica do solo. Tais consequências podem agir de forma direta quando: A influência aplicada ao solo pelos cascos dos bovinos causam uma alteração estrutural. Já a forma indireta se diz respeito quando relacionado à mudança na atividade de raízes, no desenvolvimento da vegetação e deposição de urina e excretor dos animais, o que modifica o suporte do solo mediante as plantas e organismos presente no mesmo (Anghinoni; Carvalho; Costa, 2013).

Outra consequência visível referente à prática de pastejo é a decomposição da estrutura do solo, onde o estímulo para o planejamento do manejo que constituem estatura do pasto inferiores ao mínimo obrigatório para a conservação do solo (Conte et al., 2011; Carvalho et al., 2018) ocorre de maneira gradativa. Além disso, os macroporos têm seu volume reduzido e demonstram uma aparência tortuosa gerando uma perda de continuidade e conectividade (Jégou et al., 2002), o que influencia nos processos físicos do solo como perda de atividade biológica das plantas (Reichert; Suzuki; Rrinert, 2007) e infiltração de água (Lanzanova et al., 2007; kusumotaBonini et al., 2011). Em geral, as pastagens brasileiras possuem histórico de manejo inadequado, caracterizado por baixas adubações de estabelecimento e de manutenção, aliadas a altas taxas de lotação, condições que não contribuem para aumentar o acúmulo de C no solo (Silva et al., 2004).

Mediante essas afirmações associadas à anos de agricultura extrativista de baixa tecnologia, pressão de pastejo e extração contínua de produtos florestais culminaram em impactos negativos na Caatinga, incluindo a ausência da vegetação de porte florestal e, conseqüentemente, a desertificação (Silva; Leal; Tabarelli, 2017).

2.3 Bioanálise Do Solo: Indicadores Biológicos da Qualidade do Solo

A qualidade do solo pode ser avaliada por meio de indicadores químicos, físicos e biológicos, onde os biológicos são capazes de providenciar informações mais rápidas em função das mudanças realizadas no solo, dada sua sensibilidade mediante as respostas rápidas, os microrganismos têm sido de extrema importância como indicadores, tanto em condição de estresse (conversão de florestas naturais em áreas agrícolas ou degradadas) como nos processos de restauração de áreas impactadas (Bandick e Dick, 1999; Badiane et al., 2001; Mummey et al., 2002).

Além disso, esses indicadores de qualidade biológica podem ser distintos em três grupos: efêmeros, permanentes e intermediários. Para os efêmeros, as alterações acontecem através das práticas de cultivo, onde a umidade, densidade, pH e disponibilidade de nutrientes do solo influencia este grupo; os indicadores que pertencem ao grupo permanentes, são indicativos de: profundidade, camadas restritivas, textura, mineralogia; e, entre eles, estão os indicadores intermediários. Eles atuam como indicadores fundamentais para integrar um índice de qualidade do solo, como por exemplo a biomassa microbiana, quociente respiratório e carbono orgânico total (Weil, 2000). Deste modo, entender a atividade biológica do solo em áreas sob diferentes sistemas de manejo pode ser útil como indicador da qualidade do mesmo e contribuir para estudos visando à restauração ambiental (Baldrian et al., 2008).

2.4 Proteínas Do Solo Relacionadas À Glomalina (PSRG)

A micorriza é uma estrutura formada através da simbiose entre raízes e fungos de solo. Ela apresenta certa dependência do carbono orgânico produzido pelos vegetais, estando presentes em ambientes que vão desde zonas alpinas a regiões desérticas (Smith; Read, 2008). Ao se unirem às raízes de vegetais elas produzem funções diferentes e essa diferenciação se dá em função dos parceiros e estruturas, formando assim: ectomicorriza, ectendomicorriza, micorrizaarbutóide, micorriza antropóide, micorrizaericóide, micorrizaorquidóide e micorrizaarbuscular.

Esta última é a mais ampla (Smith; Read, 2008; Peterson et al., 2004) podendo representar 50% da biomassa microbiana dos solos (Olsson et al., 1999; Olossn; Wilhelmsson, 2000). Micorrizas arbusculares são constituídos por raízes dos inúmeros grupos vegetais e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) incluídos no filo Glomeromycota.

Entre outros benefícios da associação micorrízica para a planta estão: proteção contra patógenos radiculares (Odeyemi et al., 2010); participação no processo de ciclagem de nutrientes (Silveira, 1992), contribuindo para o aumento da atividade biológica no ambiente edáfico (Milleret et al., 2009); incremento no crescimento das plantas (Tian et al., 2013), resistência ao ataque de fitopatógenos (Odeyemi et al., 2010), tolerância a estresses hídricos (Folli-Pereira et al., 2012) e salinos (Lúcio et al., 2013). Além disso, os FMA podem proporcionar redução nos custos de produção, pois, ao aumentarem a absorção de nutrientes pelas plantas, reduzem os gastos com fertilizantes (Alonso et al., 2014).

A ação dos FMA pode ser avaliada pela quantificação de uma glicoproteína designada glomalina (Folli-Pereira et al., 2012). A definição do termo glomalina tem como parâmetro a taxonomia Glomales, onde os FMA se mantinham no decorrer do seu isolamento e caracterização bioquímica. A glomalina possibilita um aporte superior na retenção de água, beneficia a aeração e proporciona lauta agregação das partículas do solo, diminuindo a perda de nutrientes nas camadas profundas. Esses aperfeiçoamentos afetam o crescimento das plantas e a estruturação do ecossistema (Rillig et al., 2004). A glomalina também cumpre funções fisiológicas no fungo, favorecendo a aderência das hifas na superfície, reduzindo a palatabilidade das hifas e auxilia na imobilização de poluentes (Rillig et al., 2001; Souza et al., 2012). Ela pode conter de 3 a 5% de N e um teor significativo de C, em torno dos 37%, tornando-se um constituinte importante no estoque de carbono do solo (Lovelock et al., 2004).

De forma geral, encontram-se dois tipos de PSRG: a facilmente extraível (PSRG-FE), que apresenta a fração há pouco tempo depositada e que ainda não sofreu alterações bioquímicas no solo; e a PSRG total (PSRG-TO), que apresenta-se fortemente aderida às argilas sendo necessárias até sete extrações seqüenciais para sua máxima remoção em alguns solos (Wright et al., 1996; Wright &

Upadyyaya, 1998). Estudos evidenciam que os compostos polifenólicos, como os taninos do solo e os ácidos húmicos, podem ser extraídos simultaneamente com a glomalina e interferir com a quantificação de Bradford (Schindler et al., 2007). Para diferenciar a proteína específica (glomalina) a partir da mistura de proteínas resultante da extração com citrato de sódio, Rillig (2004) sugeriu usar o termo proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG), para descrever a mistura extraída. Em estudos de campo sobre a atividade dos FMA, a quantificação da glomalina apresenta-se como uma avaliação rápida, barata, objetiva e relativamente fácil de ser realizada, em comparação a outras variáveis como densidade de esporos, comprimento de hifas, colonização radicular e potencial de inóculo (Purin; Rillig , 2007).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a quantidade de proteínas do solo relacionadas à glomalina para indicara saúde do solo em áreas de uso forrageiro no bioma caatinga.

3.2 Objetivo Específico

Avaliar as diferenças espaciais (locais com diferentes características edafoclimáticas) das quantidades das frações totais e facilmente extraível de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG), em parcelas permanentes estabelecidas em áreas de uso forrageiro no bioma Caatinga.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado nos municípios de Caruaru, São Bento do Una, Arcoverde, Sertânia e Araripina (figura1). Todas em estações experimentais do IPA(Instituto Agrônômico de Pernambuco) além de uma em Petrolina, no campo experimental do Instituto Federal Pernambucano (IF-Sertão-PE).

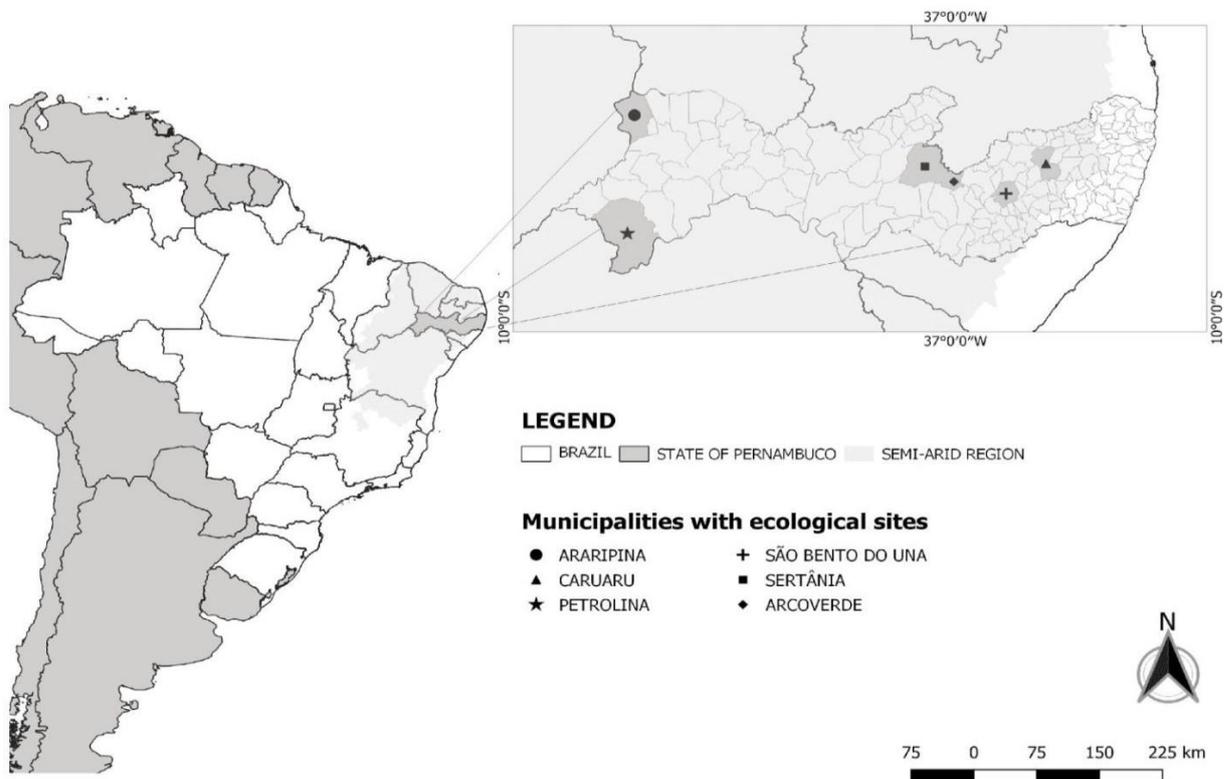


Figura 1. Distribuição das unidades de pesquisa de longo prazo da Caatinga em diferentes municípios de Pernambuco.

4.2 Instalação do Experimento

Em cada unidade de pesquisa foram implantadas parcelas com três dos principais tipos de cobertura: caatinga fechada (figura 2), caatinga aberta (figura 3) e pastagem (figura 4), com e sem exclusão de animais: Caatinga fechada – caatinga

em avançado estado de crescimento e regeneração e, em vários casos, de sucessão ecológica, com dossel que intercepta mais de 80% da luz solar radiante e que pode ser reconhecido visualmente em imagens de satélite de alta resolução como área com alta densidade de árvores e poucos pontos de solo nu. Caatinga aberta – Caatinga com menor densidade de árvores e arbustos e maior cobertura de estrato herbáceo, em estágio inicial/intermediário de regeneração e sucessão ecológica. Esse tipo de formação pode ser derivado de dois cenários: 1) por limitação edafoclimática, ou seja, uma interação de solos pouco férteis e baixa precipitação pluvial, que limitam o crescimento das plantas; e 2) por ação antrópica, que modificou o equilíbrio biológico, mantendo o sistema em estádios iniciais de sucessão. É difícil distingui-los, mas ambos têm menor biomassa vegetal que a caatinga fechada). Pastagem herbácea – área antropizada formada por herbáceas, com poucos arbustos e árvores em regeneração, com diâmetros de caule menores que 6 cm. Essas áreas geralmente são impedidas do avanço na sucessão ecológica pela ação do homem (roço e queima) e pelo excesso de pastejo.



Figura 2. Áreas classificadas como “caatinga fechada”



Figura 3. Áreas classificadas como “caatinga aberta”



Figura 4. Áreas classificadas como “Pastagem herbácea”

Em cada área, foram delimitadas parcelas de 25 x 25 m, onde foi separada uma bordadura de 5m de largura em todo o perímetro, ficando a área útil para estudos com 20 x 20 m. Em cada parcela foram coletadas amostras simples, em seis pontos aleatórios, na profundidade de 0-20 cm. As amostras foram identificadas, acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração durante o transporte e o armazenamento no laboratório. Todas as amostras foram secas ao ar, homogeneizadas e peneiradas em peneira de malha de 2 mm (terra fina seca ao ar, TFSA), para determinações de glomalina.

4.3 Extração de Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina

Para a extração de glomalina no solo, foi utilizado o método proposto por Wright e Upadhyaya (1996; 1998). A PSRG-FE foi obtida a partir de 1g de TFSA em 8 mL de tampão citrato de sódio [20 mM (pH 7,0)], com digestão única em autoclave a 121 °C por 30 min. A solução foi centrifugada a 4000 rpm por 15 minutos e o sobrenadante armazenado a 4 °C até o momento da quantificação. As PSRG-TO foi obtida a partir de 1g de TFSA em 8 mL de tampão citrato de sódio [50 mM (pH 8,0)], com digestões sucessivas, sendo a primeira digestão feita por 90 minutos e as demais por 60 minutos, seguidas de centrifugação como descrito acima, após cada autoclavagem. O procedimento seguiu até a obtenção de sobrenadante amarelo claro (figura 5). A determinação foi realizada por ensaio colorimétrico de Bradford (Bradford, 1976) com BSA. Os resultados foram expressos em microgramas de glomalina/grama de solo ($\mu\text{g/g}$) e as concentrações de ambas as frações de glomalinas foram corrigidas considerando o volume total do sobrenadante.

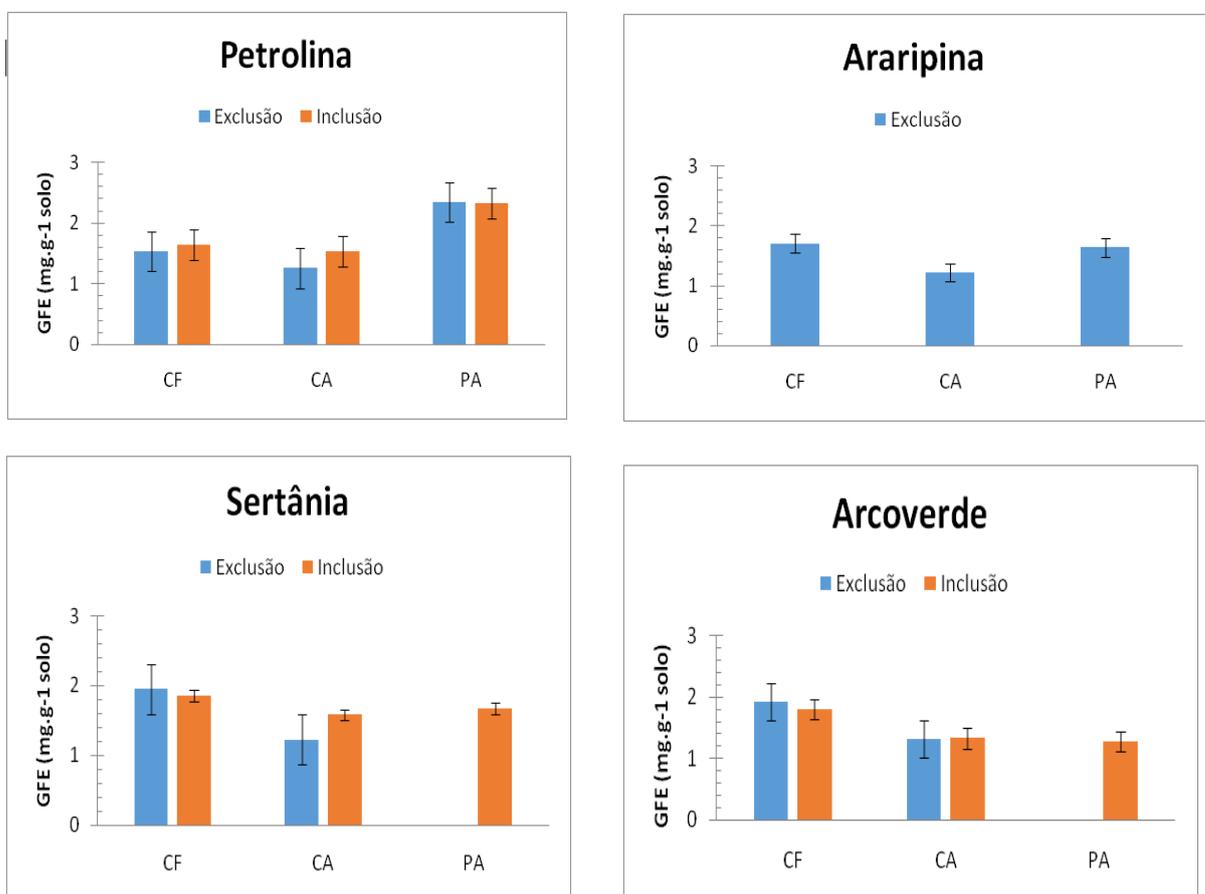


Figura 5. Tubo Falcon contendo a PSRG-TO no sobrenadante logo após a autoclavagem e centrifugação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeitos Das Coberturas do Solo Sobre a Fração Facilmente Extraível Das Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina (PSRG)

Nas parcelas localizadas nos municípios de Sertânia, Arcoverde e Caruaru (Figura 6), a atividade da PSRG-FE foi influenciada pelos sistemas de uso do solo. Com relação aos manejos, foram observados maiores valores nas parcelas de caatinga fechada 1,95, 1,92 e 1,87 mg g⁻¹ solo, respectivamente. Nestas mesmas parcelas, também foi possível observar valores maiores na quantificação da PSRG-FE nas parcelas de Caatinga fechada com exclusão de animais, demonstrando o impacto do pastejo na quantificação das proteínas do solo relacionadas à glomalina. Nas parcelas localizadas no município de Petrolina, a atividade da PSRG-FE também foi influenciada pelo tipo de uso do solo. No entanto, ao contrário dos municípios acima, em Petrolina os maiores valores foram observados nas áreas de pastagem com herbáceas (2,35 mg g⁻¹ solo).



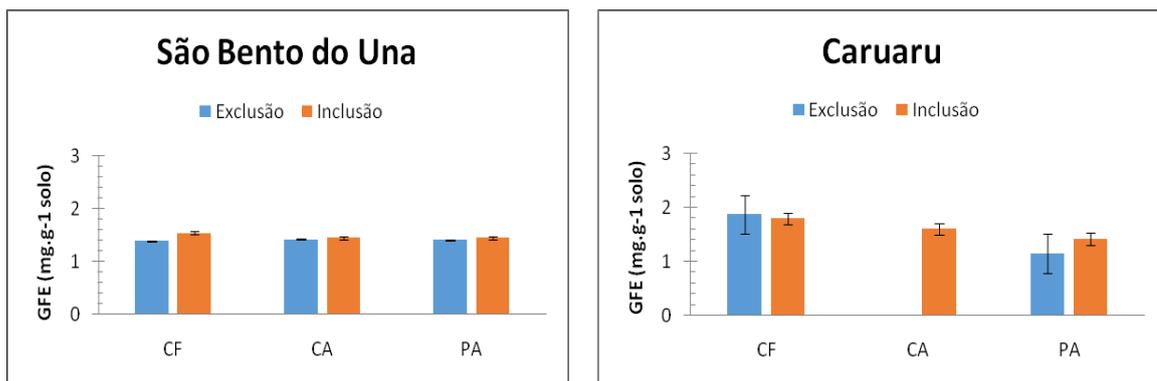


Figura 6. Estimativas das proteínas do solo relacionadas à glomalina facilmente extraível (PSRG-FE) nos solos de Araripina, Arcoverde, Caruaru, Petrolina, São Bento do Una e Sertânia, sob Caatinga fechada (CF), Caatinga aberta (CA) e pastagem com herbácea (PA), com exclusão.

Diversos estudos têm relatado que a produção de glomalina pode ser influenciada pelo sistema de uso do solo (Rillig et al., 2003; Bird et al., 2002). Estudos relatam que as PSRG se encontram sujeitas a variações dependendo das condições de temperatura, umidade, matéria orgânica do solo, fósforo, nitrogênio, pH e aeração do solo (Hentz et al., 2006). Além disso, o manejo do solo ou as práticas agrícolas podem alterar a população e a diversidade de FMAs, influenciando nos teores de PSRG (Angelini et al., 2012). Logo é possível que algum fator edafoclimático esteja contribuindo para a maior quantidade de PSRG nas áreas de pastagem. As quantidades relativamente mais altas da glomalina no solo das parcelas de pastagem com herbácea podem também ser resultado do comportamento recalcitrante desta biomolécula no solo, já que ela tem uma reduzida taxa de decomposição e pode ficar presente no solo durante anos (Steinberg; Rillig, 2003). Nas parcelas localizadas no município de São Bento do Una foram observados valores muito próximos entre os diferentes tipos de cobertura vegetal do solo. Isso mostra que a regeneração nessas áreas já podem estar em estado tão avançado ao ponto da Caatinga aberta e pastagem estarem se regenerando e ficando cada vez mais próximas de áreas de caatinga fechada.

5.2. Efeitos das coberturas do solo sobre a fração total das proteínas do solorelacionadas à glomalina (PSRG)

Nas parcelas situadas nos municípios de Caruaru, São Bento do Una e Arcoverde (Figura 7) as atividade da PSRG-TO possivelmente foi influenciada pelos

níveis de umidade presente no local. No dia da coleta foi observado que choveu nos dias anteriores, fazendo com que o solo absorvesse mais água e consequentemente, os valores de PSRG-TO se sobressaíam em caatinga fechada.

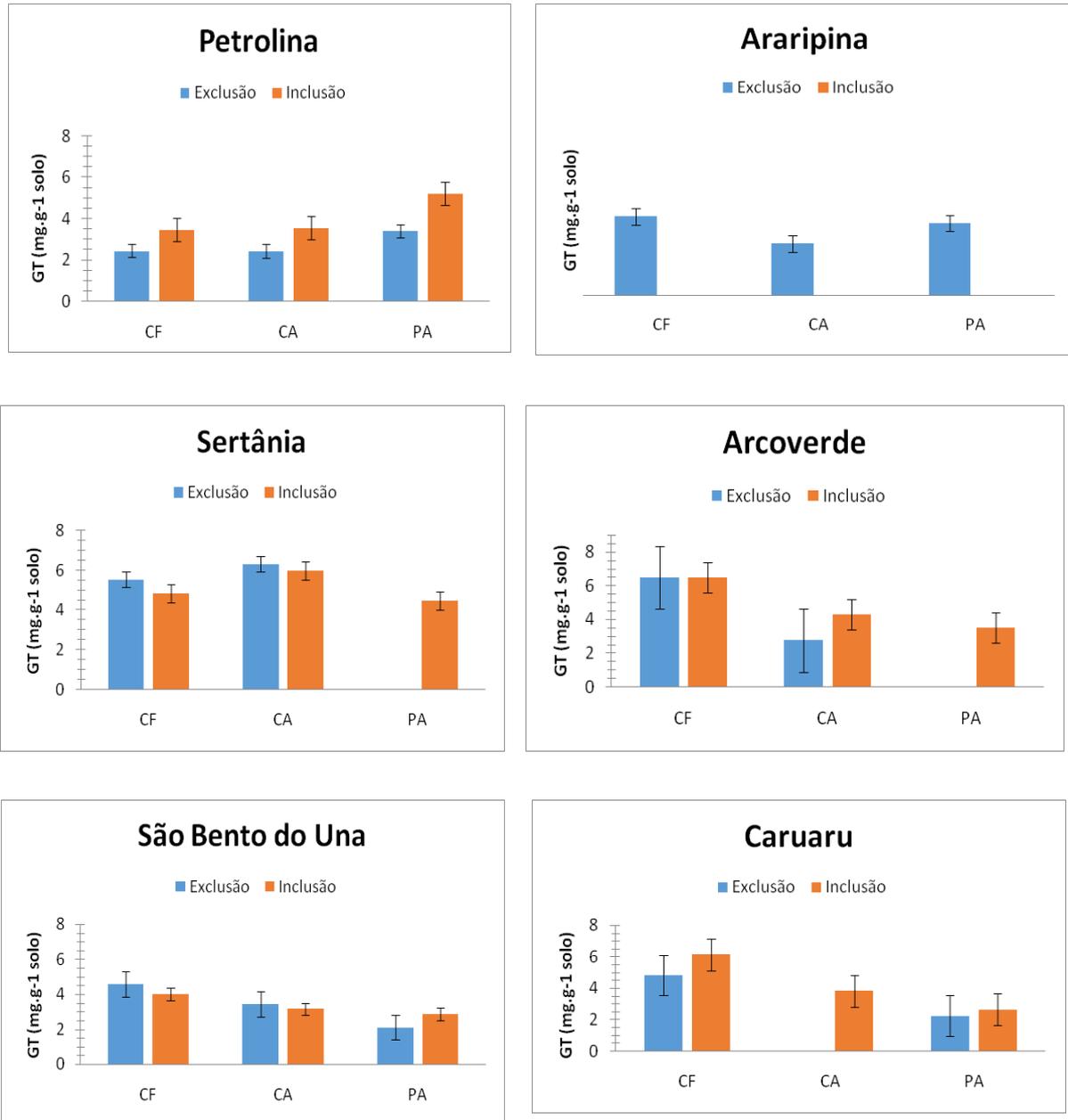


Figura 7: Estimativas das proteínas do solo relacionadas à glomalina Total (PSRG-TO) nos solos de Araripina, Arcoverde, Caruaru, Petrolina, São Bento do Una e Sertânia, sob Caatinga fechada (CF), Caatinga aberta (CA) e pastagem com herbácea (PA), com exclusão.

Além disso, sua localização geográfica com as demais parcelas favoreceu para tal fato, visto que Caruaru e São Bento do Una estão dentro da mesma mesorregião. Estando em Petrolina os maiores índices de atividade da PSRG-TO são apresentados em Pastagem. Possivelmente a ocorrência se deu devido à quantidade de cobertura vegetal presente, visto que a presença de cobertura vegetal é um indicativo da disponibilidade de fotossintatos para os FMA, aspecto que, segundo Rillig, Maestre e Lamit (2003a), possivelmente justificou maiores concentrações de glomalina sob arbustos e gramíneas do que em áreas descobertas. As parcelas localizadas no município de Sertânia também demonstraram um grande índice de cobertura vegetal, entretanto foram nas parcelas de caatinga aberta, mostrando que a regeneração da vegetação nesses locais está em estado mais avançado. No município de Araripina não foi observada diferenças entre caatinga fechada e pastagem, isso é decorrente do estado em que as parcelas se encontravam pois foi possível observar bastante vegetação em pastagem assim como em caatinga fechada o que influenciou na produção de glomalina.

Sendo assim, as parcelas de caatinga fechada contribuíram com os maiores conteúdos das frações de proteína do solo relacionadas à glomalina (facilmente extraível e total) (68,48%), superiores aos encontrados nas áreas caatinga aberta e pastagem 52,15% e 44,48%.

6 CONCLUSÃO

Maiores valores da atividade da PSRG-FE foram observados nas parcelas de Caatinga fechada. Mostrando que o manejo de exclusão do pastoreio pode recuperar os teores PSRG em solos com parcelas permanentes estabelecidas em áreas de uso forrageiro no bioma Caatinga.

Os dados coletados alimentarão um repositório de informações sobre ciclagem de nutrientes em áreas utilizadas como recurso forrageiro para a pecuária no bioma Caatinga, e permitirão a formação de uma rede de informações ecológicas precisas, que poderão permitir uma visão especializada dos fluxos biogeoquímicos no Semiárido de Pernambuco.

7. REFERÊNCIAS

ACOSTA, M.V.; ACOSTA, M, D.; SOTOMAYOR,R, D.; CRUZ, R, L. 2008. Microbial communities and enzymatic activities under different management in semiarid soils. **Applied soil ecology**. 2008.

ADETUNJI, A. T. et al. The biological activities of β -glucosidase, phosphatase and ure-ase as soil quality indicators: A review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 17, n. 3, p. 794–807, 2017.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. do. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 22, n. 3, p.126-135, jul-set. 2009.

ALONSO, G.M.M., CAÑIZAREZ, P.J.G., ESPINOSA, R.R., BATISTA, J.A., DÍAZ, A.P. **2014**. Efecto de la aplicación de estier colvacuno e inoculación micorrizica sobre el crecimiento y producción de semillas de Canavalia em siformis em suelos ferralíticos rojos lixiviados. **Cultivos Tropicales 35(1): 86-91**.

ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M.R.V. Análise de cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Revista Cerne**, v. 11, n. 3, 2005.

ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Projeto Dom Helder Camara, 2013.

ATTADEMO, A. M. et al. Enzyme Activities as Indicators of Soil Quality: Response to Intensive Soy bean and Rice Crops. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 232, n. 7, 2021.

ANGHINONI, I.; CARVALHO P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. **A bordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro**. In: ARAÚJO, A. P.; 20 AVELAR, B. J. R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.8, p.325-380, 2013.

BADIANE, N.N.Y., CHOTTE J.L., PATE, E., MASSE, D., ROULAND, C. **Use of soil enzyme activities to monitor soil quality**, 2001.

BALDRIAN, P., TROGL, J., FROUZ, J., ŠNAJDR, J., VALÁŠKOVÁ, V., MERHAUTOVÁ, V., CAJTHAML, T., HERINKOVÁ, J. 2008. Enzyme activities and microbial biomass in topsoil layer during spontaneous succession in spoil heaps after brown coal mining. **Soil Biology and Biochemistry** 40: 2107-2115.

BANDICK, A.K., DICK, R.P. 1999. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry** 31: 1471-1479.

BARBOSA, R. P.; VIEIRA, V. J.; RANGEL, M. B. A. **fauna e flora silvestres: equilíbrio e recuperação ambiental**. 1. ed s o aulo saraiva, 2014.

BARTO, E. K. et al. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2316-2324, 2010.

BORGHETTI, C.; IOACHINI, P.G. ; MARZADORI, C. & GESSA, C. **Atividade e estabilidade de complexos uréase hidroxiapatita e uréase hidroxiapatita ácido húmico**. Biol. Ferto. Solos, 38:96-101, 2003.

BRASIL. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Ibge (org.). **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil**. Rio de Janeiro: Ibge, 2019. 45 v.

CARVALHO, N. F. G.; SILVA, J. R.; SANTOS, N.; ROHDE, C.; GARCIA, A. C. L.; MONTES, M. A. **The heterogeneity of Caatinga biome: an overview of the bat fauna**. Mammalia, v. 81, n. 3, p. 257–264, 2017.

DAS, S. K.; VARMA, A. **Role of enzymes in maintaining soil health**. In: Soil enzymology. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 25-42.

DRIVER, J. D.; HOLBEN, W. E.; RILLIG, M. C. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 101-106, 2005.

Doran, J.W. 2002. Soil health and global sustainability: translating science into practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 88: 119-127.

Folli, P. M.S.; Meira, H. L.S.; Bazzolli, D.M.S., Kasuya, M.C.M. 2012. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 36: 1663-1679.

FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. **Indicadores Biológicos e Bioquímicos da Qualidade do Solo**. Manual Técnico. 1ª edição. Jaguariúna, SP: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental, 2000.

GARDI, C., TOMASELLI, M., PARISI, V., PETRAGLIA, A, E SANTINI, C. Soil Quality Indicators and Biodiversity in Northern Italian Permanent Grasslands **European Journal of Soil Biology**, v. 38: 103-110, 2002.

GIANFREDA, L., RAO, M. A., PIOTROWSKA, A., PALUMBO, G., COLOMBO, C. 2005. **Soil enzyme activities as affected by anthropogenic alterations: intensive agricultural practices and organic pollution**. Science of the Total Environment.

HOT, L. V., BORELLI, T..**Application of p-nitrophenol (pNP) enzyme assays in degraded tropical soils.** Soil Biology & Biochemistry.2005.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-atlanticsoils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation.**v.55, p. 69-78, 2000.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável.**Viçosa, SBCS-UFV, 1996. 930p.

JÉGOU, D. et al. Impact of soil compaction on earthworm burrow systems using X-ray computed tomography: preliminary study.**European Journal of Soil Biology**, v. 38, n.3-4, p. 329-336, 2002.

KARLEN, D.L., DITZLER, C.A E ANDREWS, S.S . **Soilquality: whyandhow?** Geoderma114: 145-156. 2003.

KIZILKAYA, R.; BAYRAKLI, B. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. Appli Ed **Soil Ecology** 30: 192-202. 2005.

Kiil, L. H.,P.; DRUMOND, M. A.; LIMA, P. C. F.; ALBUQUERQUE , S. G.; OLIVEIRA, V. R. **ABC da agricultura familiar.** Preservação e uso da caatinga Embrapa 2007.

KUSUMOTA BONINI, A. et al. **Atributos físico-hídricos e produtividade de trigo emum Latossolo sob estados de compactação.** Ciência Rural, v. 41, n. 9, 2011.

LANZANOVA, M. E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, 2007.

LISBOA, BRUNO BRITO et al. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, p. 33-44,2012.

LONGO, R.M.; MELO, W.J. **Atividade da urease em latossolos sob influência da corbertura vegetal e da época de amostragem.**29: 645-650. 2005.

LOVELOCK, C. E.; WRIGHT, S. F.; CLARK, D. A.; RUESS, R. W. Soil stocks of glomalin produced by arbuscularmycorrhizal fungal across a tropical rain forest landscape. **Journal of Ecology**, v. 92, n. 2, p. 278-287, 2004.

LÚCIO, W.S.;FEITOSA, L.C.; MENDES,F. P.F.; HERNANDEZ, F.F.F.; NEVES, A.L.R.;GOMES,F, E. Crescimento e respostas fisiológicas do meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. **Ciências Agrárias** 34(4): 1587-1602, 2013. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1587>.

LYND, L. R.; WEIMER, P. J.; VAN ZIL, W. H.; PRETORIOUS, I. S. Microbial cellulose utilization: Fundamentals and biotechnology. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 66, n.3, p. 506- 577, 2002.

MATTAR, E. P. L. et al. Federal Conservation Units in Brazil: The Situation of Biomes and Regions. **Forest and Environment**, v. 25, n. 2, 2018.

MENEZES, R S M., GARRIDO, M S; PEREZ-MARIN, A M., *Fertilidade dos solos no semiárido*. In Proceeding of the XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo 2005. Recife: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 30 p. CD-ROM. 2005.

MILLERET, R.; LE BAYON, R.C.; LAMY, F.; GOBAT, J.M.; BOIVIN, P. Impacts of roots, mycorrhizas and earthworms on soil physical properties as assessed by shrinkage analysis. **Journal of Hydrology** 373: 499-507. 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caatinga**. Disponível em: Acesso em: 15 de fevereiro de 2024.

MOREIRA, F. M.S.; SIQUEIRA, J. O.; **Microbiologia e Bioquímica do solo**. UFLA, Lavras, 2006.

NIMER, E. Climatologia da região Nordeste do Brasil: Introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 34, p. 3-51, 1972.

ODEYEMI, I.S.; AFOLAMI, S.O.; SOSANYA, O.S. Effect of Glomus mosseae (arbuscular mycorrhizal fungus) on host – parasite relation ship of Meloid ogynein cognita(southern root – knot nematode) on four improved cowpea varieties. **Journal of Plant Protection Research** 50: 320-325. 2010.

OLSSON, P.A., WILHELMSSON, P. **The growth of external AM fungal mycelium in sand dunes and in experimental systems**. Plant Soil, v. 226, p. 161-169, 2000.

PENG, S.; GUO, T.; LIU, G. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggregations of purple soil in southwest China. **Soil Biology Biochemistry**, v. 57, n.2, p. 411–417, 2013.

PEN-MOURATOV, S.; MYBLAT, T.; SHAMIR, I.; BARNES, G.; STEINBERGER. **Soil biota in the Arava Valley of Negev Desert**, Israel. Pedosphere, v. 20, n.3, pp.272-284, 2010.

PEREIRA, V. L. **Impacto do desmatamento da caatinga sobre a comunidade microbiana do solo**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de mestrado, Departamento de Micologia, Recife. 2013, 162.

PURIN, S.; RILLIG, M. C. **The arbuscular mycorrhizal fungal protein glomalin: limitations, progress, and a new hypothesis for its function**. Pedobiologia, v. 51, n.2, p. 123-130, 2007.

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M.; MORO, M. **Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain**. Springer, p. 23-63, 2017.

RAMALHO, M. F. de J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, Natal, v. 25, n. 2, p.104-115, jul/dez. 2013.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. (Org.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p.49-134, 2007.

RILLIG, M. C.; RAMSEY, P. W.; MORRIS, S; PAUL, E. A. **Glomalin An Arbuscular Mycorrhizal Fungal Soil Protein, respond to land - use change**. *Plant and Soil*, The Hague v.2, n 253, p. 293-299, 2003.

RODAL, M. J.; SAMPAIO, E.; FIGUEIREDO, A. M. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga Brasília Sociedade Botânica do Brasil-SBB**, 2013.

SAMPAIO, E. V. S. B; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**, v. 22, p. 93–117, 2005.

SANTOS, J. S. **Ocupação humana, caatinga, paleoambientes e mudanças ambientais nos setores nordestinos**. João Pessoa: JRC Gráfica, 2009, 93 p.

SARDANS, J.; PENUELAS, J. Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean *Quercus ilex* L. forest. **Soil Biology and Biochemistry** 37: 455- 461. 2005.

SCHINDLER, F. A.; MERCER, E. J.; RICE, J. A. Chemical characteristics of glomalin-related soil protein (GRSP) extracted from soil of varying organic matter content. **Soil Biology and Biochemistry**, 39, p. 320–329, 2007.

SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Caatinga. The largest tropical dry forest region in South America. *Cahm*: **Springer International Publishing**, v.28, p.159-168. 2017.

SILVEIRA, A.P. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas, SBCS, pp. 257-282. 1992.

SINGH, R.S; SINGH, T.; P.; Microbial enzymes an overview. **Advances in enzyme technology**, p. 1-40, 2019.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbioses**, in seção 1, p. 13 – 145. 3ª edição, Elsevier, 2008.

SOUTO, C., ALVES, P.; BAKKE, I.; SOUTO, S. J.; OLIVEIRA, M. V. **Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semiárido da**

Paraíba. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil, vol. 22, núm. 3, pp. 52 -58, 2009.

SNYDER, B.; CALLAHAM JR, M.A; LOWE, C.N.; HENDRIX, P.F. Earthworm invasion in North America: Food resource competition affects native millipede survival and invasive earthworm reproduction. **Soil Biology And Biochemistry**, v.57, n.1, 2013.

TEMPLER, P. H., GROFFMAN, P. M., FLECKER, A. S., & POWER, A. G. Land use change and soil nutrient transformations in the Los Haitises region of the Dominican Republic. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 2, p. 215-225, 2005.

Tian, H., Drijberc, R.A., Zhanga, J.L., Li, X.L. 2013. Impact of long-term nitrogen fertilization and rotation with soybean on the diversity and phosphorus metabolism of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi within the roots of maize (*Zea mays* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164: 53-61.

THOMAS, M.F. *Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes*. New York, John Wiley & Sons, 1994. 460p.

VINHAL-FREITAS, I.C. et al. Soil textural class plays a major role in evaluating the effects of land use on soil quality indicators. **Ecological indicators**, v. 74, p. 182-190, 2017.

WRIGHT, S. F.; FRANKE-SNYDER, M.; MORTON, J. B.; UPADHYAYA, A. Timecourse study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. **Plant and Soil**, The Hague, v. 181, n. 2, p. 193-203, 1996.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, The Hague, v. 198, p. 97-107, 1998

8 Apêndice

PLANO DE AULA

<p>Dados de Identificação</p> <p>Escola de Referência em Ensino Médio Nóbrega Professor (a) Regente: Alcileia Sales</p> <p>Disciplina: Geografia Ano escolar: 2º ano Turma: A</p> <p>Período: integral</p>
<p>Tema da aula- atributos químicos físicos e biológicos do solo</p>
<p>Boas vindas; Apresentação e identificação da professora</p> <p>Nuvem de Palavras “O que você pensa ao ouvir sobre atributos físicos, químicos e biológicos do solo?”</p> <p>Serão distribuídos pequenas folhas para todos da turma. Cada estudante deverá escrever o que entendem ao ouvirem essas palavras. Essa atividade tem o propósito fazer o reconhecimento dos estudantes mediante ao assunto, além de gerar uma curiosidade e aproximar os estudantes do conteúdo.</p> <p>Exibição de PowerPoint sobre cada atributo De início os slides apresentarão as palavras químicos, físico e biológico onde,</p>

os alunos irão dizer o que essas palavras lembram. Em seguida, serão apresentados os conceitos de cada um dos atributosseguido deexemplos.

Após a explicação geral de cada atributo, mostrar que existe uma glicoproteína produzida através de um fungo que auxilia no crescimento e fortalecimento das plantas. Com base nessa explicação serão apresentados dois vídeos: um explicando qual é a glicoproteína (glomalina) e o outro explicando o que são fungos micorrízicos.

Desenvolvimento da Atividade

Prática:Tema: Associar

Com base na aula expositiva, a sala deve se dividir em grupos de 5 e escolher um representante para cada grupo, os alunos irão para a horta da escola, onde irão escolher vasos com plantas que já foram deixados lá pelaprofessora antes da aula. Após a escolha dos vasos, cada grupo vaiobservar os aspectos físicos do solo e da plantas e dizer uma possível causa para estarem de determinado jeito. Ao finalizarem a análise voltarão para a sala de aula e a professora apresentará para cada grupo os dados químicos e biológicos de suas plantas, incluindo os níveis de glomalina eos alunos deverão associar se os níveis dos atributos e glomalina são semelhantes ao que é visível pela planta/solo.

OBJETIVO GERAL

Compreender e identificar os diferentes atributos do solo e como esses elementos influenciam no solo e na planta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimular os alunos na visualização e manuseio de plantas

- Mostrar que cuidar da qualidade do solo é fundamental para o crescimento da planta
- Desenvolver conceitos especializados sobre solo através dos atributos químicos, físicos e biológicos

METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE APRENDIZAGEM

- Aula expositiva e participativa
- Análise de imagens
- Levantamento de dúvidas e debates sobre o tema;
- Desenvolvimento da atividade prática

RECURSOS DIDÁTICOS

- Quadro e piloto;
- PowerPoint
- Computador
- Datashow
- Vasos com plantas e solos de diferentes tipos
- Lápis colorido e canetas

AVALIAÇÃO

Os professores irão observar os estudantes durante toda execução da sequência didática e analisar os materiais didáticos produzidos pelos estudantes durante as oficinas. a avaliação deve ocorrer através parâmetros observados classificados de três formas: (A) Atingiu os resultados esperados; (AP) Atingiu parcialmente os resultados esperados; e (NA) Não atingiu os resultados esperados.