

JÉSSICA RAFAELLA DE SOUSA OLIVEIRA

**QUALIDADE DE SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR SOB
DIFERENTES MANEJOS**

**RECIFE-PE
AGOSTO/2016**

JÉSSICA RAFAELLA DE SOUSA OLIVEIRA

**QUALIDADE DE SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR SOB
DIFERENTES MANEJOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da UFRPE em cumprimento às exigências acadêmicas para obtenção do título de Mestre em Agronomia/Ciências do Solo.

Orientador: Brivaldo Gomes de Almeida

Co-Orientador (a): Ana Dolores Santiago de Freitas

Maria Betânia Galvão dos Santos Freire

**RECIFE-PE
AGOSTO/2016**

Ficha catalográfica

O48q Oliveira, Jéssica Rafaella de Sousa
Qualidade de solo cultivado com cana-de-açúcar sob diferentes
manejos / Jéssica Rafaella de Sousa Oliveira. – Recife, 2016.
82 f. : il.

Orientador: Brivaldo Gomes de Almeida.
Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia,
Recife, 2016.
Inclui referências.

1. Gessagem 2. Atributos físicos 3. Biomassa microbiana 4. pH
do solo 5. Nutrientes I. Almeida, Brivaldo Gomes de, orientador
II. Título

CDD 631.4

BIOGRAFIA DO AUTOR

JÉSSICA RAFAELLA DE SOUSA OLIVEIRA, filha de Jailton Orlando de Oliveira e Maria da Conceição Nolácio de Sousa Oliveira, nasceu em Ribeirão, Pernambuco, em 26 de julho de 1991.

Em agosto de 2009 ingressou na Universidade Federal Rural de Pernambuco- Unidade Acadêmica de Garanhuns onde, em março de 2014, recebeu o título de Engenheira Agrônoma.

Em agosto de 2014, iniciou no curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, pela mesma Universidade, sob orientação do Professor Dr. Brivaldo Gomes de Almeida, submetendo-se a defesa pública de dissertação em 10 de agosto de 2016.

JÉSSICA RAFAELLA DE SOUSA OLIVEIRA

**QUALIDADE DE SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR SOB
DIFERENTES MANEJOS**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Solo da UFRPE em
cumprimento às exigências acadêmicas
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia/Ciências do Solo.

Aprovada em 10 de agosto de 2016.

Orientador: _____
Prof. Dr. Brivaldo Gomes de Almeida (DEPA/UFRPE)

Examinadores: _____
Dr^a. Ana Dolores Santiago de Freitas (DEPA/UFRPE)

Dr. Dário Costa Primo (DEN/UFPE)

**RECIFE-PE
AGOSTO/2016**

Dedico este trabalho aos meus amados pais Jailton Orlando de Oliveira e Maria da Conceição Nêlacio de Sousa Oliveira, à minha avó Maria José Nêlacio de Sousa (in memoriam), à minha tia-madrinha Maria das Graças Nêlacio de Sousa e ao meu irmão José Orlando de Oliveira Neto.

Se tu podes crer, tudo é possível ao que crê.

Marcos 9:23

Agradecimentos...

Ao **Deus** altíssimo por ser a pessoa mais importante do meu existir, por me conceder o dom da vida, guiar e iluminar os meus passos para que eu chegasse até aqui; enfim, por tudo que tenho, tudo que sou e por todo amor dedicado a mim, mesmo em meio a falhas e fraquezas. Eu te amo, obrigada meu Deus.

A minha Avó, **Zita Nolácio** (*in memoriam*), que aqui na terra já cumpriu sua missão, continuará presente em meu ser eternamente. Por todo amor, cuidado e zelo sem limites. Refugio-me de tua saudade nas lembranças que tenho de ti, teu brilho não me deixa cair na escuridão. Te amo, essa conquista é nossa.

Aos meus Pais, **Jailton Orlando de Oliveira e Maria da Conceição Nolácio de Sousa Oliveira**, que são a razão da minha existência, por toda dedicação, confiança, ensinamentos, apoio e amor para com a minha vida. Pelas pessoas EXCEPCIONAIS que vocês são para mim, pela presença em todos os momentos, por ser o meu rumo, meus exemplos, meus heróis, meus PAIS. É POR VOCÊS, PARA VOCÊS, SÓ POR VOCÊS.

A minha Tia, **Maria das Graças**, por essa pessoa linda e importante que és em minha vida, muito obrigada por todo amor que tens a mim, por nunca medir esforços pelo meu melhor, por me pegar no colo e me ter como filha. Essa vitória também é dedicada á você.

Ao meu irmão, **Orlando Oliveira**, por toda paciência, pelo amor, pelo incentivo para que eu pudesse dar continuidade à realização desse momento, por estar presente mesmo que a distância nos separasse. “E se o tempo for te levar, eu sigo essa hora e pego carona pra te acompanhar”.

Ao meu noivo, amigo e companheiro, **Ernesto Neto**, pelo amor, apoio nas minhas decisões, atenção, pela PACIÊNCIA para comigo, por todo carinho e pelo incentivo, muito obrigada. Gratidão, Companheirismo e RECIPROCIDADE, sempre.

Em especial, ao meu orientador, **Prof. Dr. Brivaldo Gomes de Almeida**, por todo apoio, força, incentivo, amizade, confiança e ensinamentos. Sou muito grata por toda a orientação.

Em especial, à **Drª. Ana Dolores Santiago de Freitas**, por toda orientação, pelos conselhos, amizade, disponibilidade, ensinamentos e por todo o apoio para a concretização deste trabalho, meu muito obrigada.

À Profª. Drª. **Maria Betânia Galvão dos Santos Freire** pelos conselhos, ensinamentos e apoio no decorrer do período.

Ao **Prof. Dr. Edivan Rodrigues de Souza**, pela postura, apoio, ética e ensinamentos.

A minha ex-orientadora Profª. Drª. **Júlia Kuklinsky-Sobral**, por ter feito parte da minha formação, pela disponibilidade e atenção, pelo carinho sincero que tem. Pelos ensinamentos que levarei comigo, onde quer que eu vá. Seu caráter é um exemplo a ser seguido, obrigada por dividi-lo comigo.

Ao **LGBM- Laboratório de Genética e Biotecnologia Microbiana**, lugar onde dei início a minha vida acadêmica, pelo acolhimento apoio e amizade.

Ao **PET BIOTECNOLOGIA**, sou grata aos momentos vividos, pela união que

tínhamos no trabalho e no companheirismo. Eternamente PET BIOTECNOLOGIA.

A minha querida e eterna **TIA EDIANE** (*in memoriam*) não consigo te chamar de professora, pois sempre foi pra mim um exemplo de profissional e dedicação, que não deixava transparecer o exercício da profissão, mas sim todo amor dedicado à mesma. Você é INESQUECÍVEL, muito obrigada.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação desde a Educação Infantil ao Ensino Médio, sou feliz por ter tido essa base bem alicerçada.

A todos os professores que me ensinaram na educação de nível superior, para que assim eu pudesse seguir em frente na minha vida profissional, muito obrigada.

As turmas "**Terceirão 2008**" e "**Agronomia 2009.2**", pelos momentos, pelas amizades, pelo despertar da saudade, muito obrigada.

A **Josué Camilo** e **Maria do Socorro Santana**, pelos bons momentos, risos, ensinamentos, força, e abraços calorosos. A todos os demais funcionários da pós-graduação.

A todos os professores da pós-graduação, pelo incentivo e valiosos ensinamentos, em especial, aos que tive oportunidade de conviver: **Prof. Mateus Filho, Prof. Emídio Cantídio, Prof. Flávio Marques, Prof. Newton Stanford, Dr. Felipe Fracetto, Prof. Brivaldo Almeida, e Profª. Caroline Biondi.**

Aos queridos amigos científicos, em especial: **Edivan Úchoa, Hernán Novelo, Manuella Vieira, Renata Carvalho, Natache Ferrão, Maria Camila e Aglair Cardoso,** os quais conviveram comigo, compreendiam-me, ajudaram-me muito e me proporcionaram grandes momentos de alegria. Aos demais amigos da pós-graduação, agradeço pela convivência e pelo apoio.

Aos meus amigos (**Tiago Lima, Francis Henrique, Tays Botelho, Luis Henrique e André "Boa Nova"**) que não deixaram com que a distância nos separasse, pelo apoio, pelos conselhos, e por me trazer para perto de Deus.

Aos amigos que a faculdade me proporcionou (**José Cícero e Cristiane Maria,**), obrigada pelos momentos que passamos. Vocês serão memoráveis.

A todos que fazem **Laboratório de Física do Solo/UFRPE**, pelo acolhimento, ajuda, conversas e bons momentos.

A todos que fazem **Laboratório de Fertilidade do Solo/DEN-UFPE**, pela estrutura, disponibilidade, receptividade, conversas, cafezinhos e valiosos momentos.

A **Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC)**, pela estrutura para realização desse trabalho. A todos os funcionários nas pessoas de: **Dr. Djalma Euzébio Simões Neto e Evanilson** e todos os **Trabalhadores Rurais** que me auxiliaram na condução do experimento, muito obrigada.

A **UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS/UFRPE**, por me proporcionar a realização da minha graduação.

A **UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO** e demais órgãos de fomento, pela oportunidade apoio na pós-graduação.

Agradeço a todas as pessoas que passaram por minha vida, as quais contribuíram de forma direta ou indiretamente para minha formação.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 A região da zona da Mata Norte de Pernambuco	18
2.2 Produtividade de Cana -de- açúcar no nordeste brasileiro	18
2.3 Utilização do Gesso na agricultura do nordeste brasileiro	20
2.4 Práticas de manejo e seus efeitos no solo	21
2.5 Qualidade do solo e sustentabilidade	22
2.6 Avaliação dos atributos do solo e sistemas de manejo em áreas cultivadas ...	25
2.7 Atributos do solo	26
2.7.1 Atributos químicos do solo	27
2.7.2 Atributos físicos do solo	28
2.7.3 Atributos biológicos do solo	29
2.8 Processo estatístico multivariado	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 Descrição da área de estudo.....	34
3.2 Desenho experimental, corretivos e adubações.....	35
3.3 Coleta e preparo das amostras	38
3.4 Análises Físicas	39
3.5 Análises Químicas	43
3.6 Análises Biológicas.....	44
3.7 Interpretação dos resultados	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5. CONCLUSÕES	67
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparativo de produtividade da Cana -de- açúcar por região.	19
Figura 2. Funções, atributos e indicadores de qualidade do solo. Fonte: Adaptado de Tótola & Chaer (2002). Estado.	24
Figura 3. Distribuição dos municípios do Estado de Pernambuco e Localização da Zona da Mata Norte do Estado.	34
Figura 4. Desenho experimental das parcelas em campo. CP: com preparo do solo por meio de gradagem; SP: sem preparo do solo; G0: ausência de gesso; G1: 1 t ha ⁻¹ de gesso; G2: 2 t ha ⁻¹ ; G4: 4 t ha ⁻¹	35
Figura 5. Desenho da parcela experimental. A área rachurada representa a parcela útil e a linha tracejada representa o sulco de plantio.	38
Figura 6. Componentes principais de distribuição de atributos físicos, químicos e microbiológicos da primeira coleta (pré-colheita), associados aos diferentes tratamentos avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.	54
Figura 7. Análise de Cluster das relações entre os diferentes tratamentos realizados na primeira coleta (pré-colheita) avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.	56
Figura 8. Componentes principais de distribuição de atributos físicos, químicos e microbiológicos associados aos diferentes tratamentos antes da queima da cana avaliados na camada de 0,10-0,20 cm.	60
Figura 9. Análise de Cluster das relações entre os diferentes tratamentos antes da queima da cana avaliados na camada de 0,10-0,20 cm.	57
Figura 10. Componentes principais de distribuição de atributos físicos, químicos e microbiológicos associados aos diferentes tratamentos após a queima da cana avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.	62
Figura 11. Análise de Cluster das relações entre os diferentes tratamentos após a queima da cana avaliados na camada de 0,00-0,10 cm.	63
Figura 12. Componentes principais de distribuição de atributos físicos, químicos e microbiológicos associados aos diferentes tratamentos após a queima da cana avaliados na camada de 0,10-0,20 cm.	64
Figura 13. Análise de Cluster das relações entre os diferentes tratamentos após a queima da cana avaliados na camada de 0,10-0,20 cm.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características químicas do solo utilizado no experimento.	36
Tabela 2: Características físicas do solo utilizado no experimento.	37
Tabela 3: Quantificação do carbono orgânico total (COT) sob diferentes sistemas de manejo e doses de gesso.	48
Tabela 4: Quantificação do carbono da biomassa microbiana (CBM) sob diferentes sistemas de manejo e doses de gesso.	50
Tabela 5: Quantificação da respiração basal microbiana do solo (RBS) sob diferentes sistemas de manejo e doses de gesso.	52
Tabela 6: Matriz de correlação entre os tratamentos realizados na primeira coleta (pré-colheita) avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.	55
Tabela 7: Matriz de correlação entre os tratamentos realizados na primeira coleta (pré-colheita) avaliados na camada de 0,10-10,20 cm.	60
Tabela 8: Matriz de correlação entre os tratamentos realizados na segunda coleta (pós-colheita) avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.	63
Tabela 9: Matriz de correlação entre os tratamentos realizados na segunda coleta (pós-colheita) avaliados na camada de 0,10-10,20 cm.	66

LISTA DE SIGLAS

ACP.....	Análise de Componentes Principais
CP.....	Com preparo do solo
SP.....	Sem preparo do solo
pH H ₂ O.....	pH em água
Ca.....	Cálcio trocável
UA.....	Umidade da amostra no momento da coleta
CC.....	Umidade da amostra na capacidade de campo
Ds.....	Densidade do solo
RBS.....	Respiração basal do solo
CBM.....	Carbono da biomassa microbiana do solo
COT.....	Carbono orgânico total
DMP.....	Diâmetro médio ponderado
DMG.....	Diâmetro médio geométrico
QS	Qualidade do solo
PT	Porosidade Total
CP	Com preparo do solo por meio de gradagem e subsolagem
SP	Sem preparo do solo

RESUMO

Os solos trabalhados em determinados sistemas de cultivo apontam um novo estado de equilíbrio, manifestando diferentes alterações de seus atributos, podendo ser contrárias à conservação da capacidade produtiva destes solos. Desse modo, os sistemas de manejo devem preconizar o aumento da produtividade, tendendo sempre em função da sustentabilidade do ambiente. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de solo cultivado com cana-de-açúcar sobre diferentes manejos, por meio de atributos biológicos, físicos e químicos. Para isso, foi conduzido um experimento, com delineamento em blocos casualizados, em sistema de cultivo em sequeiro. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4 x 2, composto de quatro doses de gesso (0; 1; 2 e 4 t ha⁻¹) e com ou sem preparo do solo por meio de gradagem (CP e SP), respectivamente. As áreas analisadas foram separadas pelos diferentes sistemas de manejo adotados. Foram realizadas duas coletas, uma pré-colheita e a segunda no período de pós-colheita, com diferentes profundidades 0-10, 10-20 cm. Os atributos físicos avaliados foram: densidade do solo, distribuição dos poros por tamanho, estabilidade de agregados, porosidade, curva de retenção de água no solo e umidade na capacidade de campo. Para as análises químicas, foram determinados os teores trocáveis de Ca²⁺, além do pH do solo. Para as análises dos atributos biológicos foram avaliados: o teor de carbono total do solo, carbono solúvel em água, carbono da biomassa microbiana, e a respiração basal. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa de estatística SISVAR. Os atributos químicos, físicos e biológicos do solo foram submetidos à análise dos componentes principais (ACP). As doses de gesso influenciaram o Carbono da Biomassa Microbiana, o Carbono Orgânico Total e a Respiração Basal. Foi encontrada interação significativa (p≤0,05) entre as profundidades de coleta (0-10 e 10-20 cm) para o Carbono da Biomassa Microbiana, teor de cálcio no solo, e Carbono Orgânico Total. O manejo do solo influencia de forma significativa nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Palavras chave: gessagem, atributos físicos, biomassa microbiana, pH do solo, nutrientes.

ABSTRACT

Soils worked in certain farming systems, point to a new state of equilibrium, manifesting different changes of its attributes. Those that may be contrary to the conservation of the productive capacity of these soils. Thus, management systems should advocate increased productivity, always tending due to environmental sustainability. This work aims to evaluate the quality of soil cultivated with sugarcane on different managements, through biological, physical and chemical properties. For this, an experiment was conducted in a randomized block design in dry land cropping system. The treatments were arranged in a factorial scheme 4x2, plasterboard consists of four doses (0;1; 2 e 4 t ha⁻¹) and, with or without soil preparation by disking (CP e SP), respectively. The areas analyzed were separated by different management systems adopted. The assessed physical attributes were: soil density, pore distribution by size, aggregate stability, porosity, water retention curve in the soil and moisture at field capacity. For chemical analysis, we determined the levels of exchangeable Ca²⁺, and the pH of soil. For the analysis of biological traits we evaluated the total carbon content of the soil, water-soluble carbon, microbial biomass carbon and basal respiration. Statistical analyzes were performed using the statistical SISVAR program. The chemical, physical and biological soil were subjected to principal components analysis (PCA). The plaster doses influenced the Microbial Biomass Carbon of the Total Organic Carbon and Respiration Basal. There was a significant interaction ($p \leq 0,05$) between depths collection (0-10 e 10-20 cm) for Microbial Biomass Carbon, calcium content in the soil, and total organic carbon. Soil management significantly influences the physical, chemical and biological soil.

Key words: gypsum, physical properties, microbial biomass, soil pH, nutrients.

1. INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia proporciona diversos benefícios à atividade agrícola, permitindo que recursos naturais sejam explorados de forma mais intensa. Por outro lado, ocasionam grandes mudanças no ecossistema, gerando um desequilíbrio ambiental. Um dos corpos naturais que mais são afetados por tais mudanças é o solo, e a exploração indevida de seus recursos naturais reduz bruscamente a disponibilidade dos mesmos e sua capacidade de resiliência (BECHARA, 2006).

Segundo dados apontados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014), a demanda populacional do país vem se expandindo em larga escala, estimando-se que no ano de 2050 a população brasileira chegará a 260 milhões de pessoas. Esses índices instigam assuntos que relacionem o crescimento populacional e sua influência na degradação do ambiente, principalmente no sistema solo-planta-atmosfera, pelo aumento da demanda por alimentos.

O cultivo da cana-de-açúcar é uma das atividades do setor agrícola de mais importância para o país, produzindo açúcar e etanol, e em algumas situações uma co-geração de energia elétrica, originada por meio da queima do bagaço no setor industrial das usinas. No Nordeste, pesquisas que visam a melhoria no desenvolvimento do sistema radicular da cultura em solos da Zona da Mata de Pernambuco tem tido maior destaque, apresentando resultados de maior produtividade.

O cálcio pode ser amplamente estudado como um fator responsável pela expansão do sistema radicular da cana-de-açúcar, visto que é um elemento com potencial de neutralizar o alumínio presente no solo. Em função do manejo do solo, a zona radicular pode ser mais bem distribuída, reduzindo-se custos produção da cultura.

De acordo com Doran & Parkin (1994), o manejo do solo pode ser considerado sustentável quando consegue manter ou melhorar a qualidade e disponibilidade dos recursos naturais. Diante do quadro atual em que se encontra a situação de alguns solos brasileiros, é necessário que se aplique técnicas e/ou use parâmetros mais eficientes para diagnosticar ou minimizar a degradação do solo.

Dessa forma, pesquisas voltadas para a avaliação da qualidade do solo têm sido intensificadas no meio acadêmico e nas literaturas, objetivando aumentar o índice de produtividade das culturas e, ao mesmo tempo, promover a sustentabilidade do ecossistema terrestre.

Diversos conceitos foram criados sobre a qualidade dos solos (QS), como o de Doran & Parkin (1994) que definiram a QS como a capacidade de funcionamento do mesmo, dentro de ecossistemas naturais ou manejados. Para Larson & Pierce (1994), a QS é uma combinação de propriedades físicas, químicas e biológicas, que agem conjuntamente subsidiando meios para produção vegetal e animal. Trazendo para conceitos atuais, conforme Guedes et al. (2012), Lima et al. (2013) e Yao et al. (2013) o índice de qualidade do solo é um parâmetro que para ser determinado precisa da interação de outros fatores, tais como, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Em função do uso do solo, aplicam-se diferentes manejos, que podem ou não modificar seus atributos, preservando umas propriedades e degradando outras. O estudo sobre as alterações ocasionadas no solo é muito pertinente no que diz respeito à sua melhoria e funcionamento. Em áreas de cultivo tipo sequeiro, realidade da maioria dos agricultores do Nordeste, é ainda mais importante esse processo, uma vez que a pesquisa trará informações consideráveis sobre a qualidade do solo em função do seu uso e manejo adotados.

Diante do exposto, esta pesquisa avaliou a qualidade de um solo da Zona da Mata Norte de Pernambuco, cultivado com cana-de-açúcar sob sequeiro, submetido a diferentes manejos, por meio dos seus atributos físicos, químicos e biológicos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A região da Zona da Mata Norte de Pernambuco

A região do Nordeste brasileiro é subdividida em quatro regiões geográficas e naturais, sendo elas: Meio-Norte, Sertão, Agreste e Zona da Mata (GASPAR, 2009). Dentre as sub-regiões citadas, o estado de Pernambuco tem predominância em regiões do Sertão, do Agreste e da Zona da Mata. Esta última que, denominada como “Domínio dos Mares - de - morro” é demarcada por formações onduladas (PERNAMBUCO, 2014).

A microrregião da Mata Setentrional Pernambucana (Zona da Mata Norte), depende de condições comerciais, de infra-estrutura e edafoclimáticas adequadas para que o setor agrícola seja bem desenvolvido. Pesquisas realizadas no Estado de Pernambuco, que objetivaram avaliar o uso adequado dos solos da Zona da Mata, mostraram que mais da metade da área da região estão em disponibilidade para serem exploradas pelas atividades agropecuárias (MAPA, 2010).

Em exceção de alguns solos da Zona da Mata, como por exemplo, os Latossolos Amarelos coesos, os demais são solos com condições físicas favoráveis, de fácil manejo e mecanização, o que auxilia na penetração de raízes, e conferem ao solo boa capacidade de armazenamento de água, particularmente os mais argilosos (ARAÚJO FILHO et al., 2000).

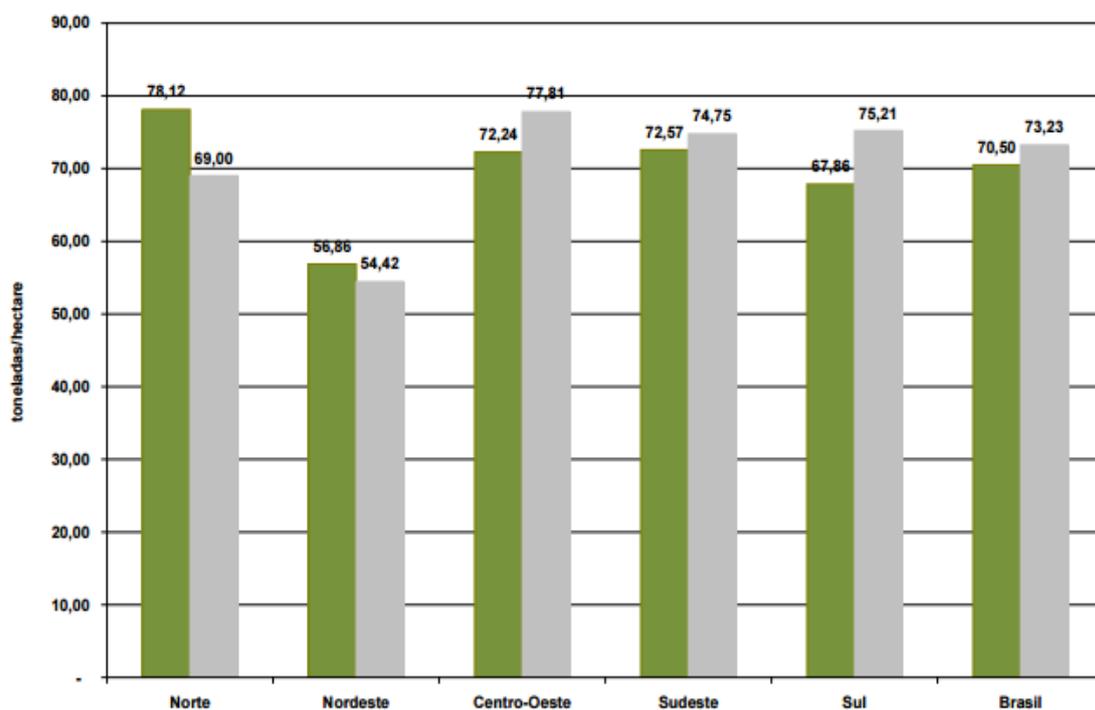
Segundo IPA (2005), se compararmos a Zona da Mata (Mata Setentrional Pernambucana - Zona da Mata Norte e Mata Meridional Pernambucana - Zona da Mata Sul) com o Sertão e o Agreste, esta apresenta uma precipitação maior, o que agrega à área um diferencial em exploração por sistemas agrícolas, mais especificadamente, culturas canavieiras; o que é confirmado por Simões Neto et al. (2012), apresentando que no Estado de Pernambuco uma das atividades agrícolas de mais importância é a agroindústria da cana-de-açúcar, onde, por meio do setor sucroalcooleiro, originam-se empregos diretos e indiretos em diversas áreas de atuação, sejam estas industriais ou rurais.

2.2 Produtividade de Cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro

A cana-de-açúcar é uma cultura muito difundida no Brasil. Dados da

CONAB (2015) indicam que a área cultivada na última safra foi de 8.995,5 mil hectares no Brasil e o estado de Pernambuco ocupa 2,9% dessa totalidade (264 mil hectares), sendo o sétimo maior produtor nacional de cana-de-açúcar. A produção da cultura 2015/16 foi 658,7 milhões de toneladas, atingindo um percentual de crescimento (3,8%) maior que o da safra passada.

Porém, na região do Nordeste, como ilustrado na Figura 1, devido ao déficit hídrico e manejo inadequado das lavouras dos fornecedores, houve uma queda na produtividade da cultura.



Fonte: Fonte: Conab.
Nota: Estimativa em dezembro/2015

Figura 1. Comparativo de produtividade da Cana -de- açúcar por região.

Em Pernambuco, apesar da significativa importância que a cana-de-açúcar tem, sua produtividade média é de 55 t ha⁻¹, inferior a média nacional. Contudo, o setor sucroalcooleiro é uma das atividades agrícolas mais influentes na economia do estado, gerando empregos diretos e indiretos nos pólos industriais e rurais (SIMÕES NETO et al., 2012).

Na região Nordeste a demanda hídrica não atende às necessidades da cana-de-açúcar, onde esse déficit hídrico é ocasionado pela irregularidade de chuvas em algumas regiões brasileira, destacando-se a região nordestina (SILVA et al. 2014; SILVA et al. 2015).

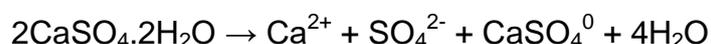
Diante da atual situação, pesquisas vêm sendo intensificadas, com o objetivo de contribuir com técnicas que maximizem a acumulação de água no solo, por meio de corretivos e práticas de manejo do solo, visando aumento na escala de produtividade e maior rendimento de açúcar e álcool.

2.3 Utilização do Gesso na agricultura do Nordeste brasileiro

A fim de corrigir os altos teores de alumínio existentes em solos tropicais, como ocorre na Zona da Mata de Pernambuco, utiliza-se o gesso agrícola, auxiliando também na expansão do sistema radicular das plantas e facilitando o acesso destas às reservas de água e nutrientes em profundidade (MORELLI et al., 1992; SOUSA et al., 1995).

As pesquisas voltadas para correção dos solos com gesso agrícola já são bem difundidas na literatura e aplicadas nas regiões produtoras no território nacional (CARVALHO et al., 2013, ORIVALDO et al. 2014). Estas, apontam o efeito da prática de gessagem no aumento dos teores de Ca^{2+} e SO_4^{2-} e redução de Al^{3+} , conferindo mecanismos de tolerância à seca e estimulando o desenvolvimento do sistema radicular das culturas por meio do enriquecimento de nutrientes nas camadas subsuperficiais (ALCORDO & RECHCIGL, 1993; SOUSA et al., 2005). Além do mais, o gesso agrícola pode ser encontrado em várias partes do mundo e o preço de sua aquisição é baixo (MELO et al., 2008).

No mecanismo de ação do gesso no solo, o que normalmente acontece nas suas camadas superficiais, é a dissociação do gesso e lixiviação dos íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} e par iônico CaSO_4 , conforme a reação abaixo:



Nas camadas sub-superficiais o Al^{3+} é trocado pelo Ca^{2+} , formando um par iônico AlSO_4^+ , que não gera toxidez às plantas.

O efeito do gesso é dependente da sua mobilidade no perfil do solo e desempenha um papel importante no aumento de matéria orgânica por meio da contribuição dos resíduos orgânicos em profundidade. O conteúdo de carbono no solo é indiretamente influenciado pela presença de gesso, uma vez que a atividade do mesmo atua no sistema radicular das plantas (ZAMBROSI et al.,

2007; SANTOS et al., 2011).

A gessagem é uma prática que tem efeitos benéficos nos atributos químicos do solo. Por outro lado, propriedades físicas tal como a agregação, podem ser reduzidas em solos ricos em Al^{3+} . Nishimura et al. (2005) afirmam que a troca de Al^{3+} por Ca^{2+} que contém no gesso reduz a agregação, pois o Ca^{2+} é menor floculante que o Al^{3+} , podendo influenciar em fatores dependentes da agregação como porosidade e densidade do solo.

Em contrapartida, nos trabalhos de Rosa Junior et al. (2007), o gesso aumentou a agregação do solo e favoreceu mais conteúdos de matéria orgânica (MO) em função do efeito combinado de doses de calcário e gesso. Efeito similar foi apresentado por Ferreira et al. (2012), analisando o incremento do teor de carbono até os primeiros 40 cm do solo, quando comparado ao tratamento ausente de gesso.

Sendo assim, torna-se considerável a aplicação de gesso agrícola como um condicionante do sistema radicular, sendo válido ainda salientar o seu papel na contribuição e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas de solos cultivados.

2.4 Práticas de manejo e seus efeitos no solo

Diversos são os manejos que podem ser aplicados em áreas cultivadas. Atualmente o setor agrícola preza por práticas de manejo que sejam embasadas na manutenção da matéria orgânica do solo, visto que essa influencia diversos processos que ocorrem no mesmo (COSTA et al., 2008; SERAFIM et al., 2011).

A gradagem é uma prática utilizada para que o gesso e calcário sejam aplicados no solo e também para incorporação dos resíduos vegetais, fornecendo melhores condições para desenvolvimento das plantas por meio da expansão de seu sistema radicular. Práticas agrícolas intensivas, como a gradagem, reduzem o estoque de carbono orgânico contido no solo e influenciam propriedades físicas (HERNANI et al., 1999).

Em se tratando das propriedades físicas do solo, Albuquerque et al. (2005) comprovaram que a matéria orgânica anteriormente contida no interior dos agregados, é exposta de acordo com o revolvimento do solo; com isso, sua

oxidação e redução de seu conteúdo é favorecida. Ademais, Vasconcelos et al. (2010) observaram que a distribuição de agregados no solo e a estabilidade dos mesmo foram dependentes da matéria orgânica contida no solo e dos períodos de umedecimento e secagem, sendo influenciadas pelos diferentes sistemas de manejo aplicados no cultivo de cana-de-açúcar.

Nas propriedades biológicas, Kaschuk et al. (2011) evidenciaram que a introdução de práticas agrícolas nos biomas brasileiros, alterando sua condição natural, reduz o conteúdo de carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) em 31%. Além do que, a biomassa microbiana total do solo é um considerável reservatório de nutrientes para as plantas, tais como: N, P, S, Zn e Cu; e tem sua atividade influenciada pelos processos bióticos e abióticos. Por este motivo, é considerada como um bom parâmetro indicador das alterações ocasionadas pelo manejo do solo (GRISI & GRAY, 1986; SPARLING & ROSS, 1993).

De modo geral, parâmetros como a biomassa microbiana, quociente microbiológico e respiração basal, são importantes na avaliação dos sistemas de manejo e bons indicadores de qualidade do solo (BAUHUS et al., 1993).

Sendo assim, a análise conjunta de atributos físicos, químicos e biológicos é uma ferramenta fundamental para o estudo de monitoramento de áreas cultivadas sob diferentes usos e manejos.

2.5 Qualidade do solo e sustentabilidade

O solo exerce um papel de suma importância na nutrição dos vegetais, considerado um corpo natural, essencial no processo de manutenção e conservação do ecossistema terrestre. De acordo com Foth (1990) e Tan (1998), os principais constituintes do solo são as partículas de areia, silte e argila, elementos químicos, a microbiota habitante, formas de materiais orgânicos e gases como o gás carbônico, gás nitrogênio e oxigênio.

É válido enfatizar que o solo tem relação direta com seus atributos químicos, físicos e biológicos e, portanto, sua capacidade de disponibilizar nutrientes para as plantas depende desta relação com tais atributos, refletindo diretamente na cadeia de produção.

A pesquisa sobre qualidade dos solos é antiga; porém, na década dos anos 1990 acentuou-se o interesse dos pesquisadores para realizar tais

estudos; este fato é comprovado pela diversidade de trabalhos acerca do assunto a partir desta data (DORAN & PARKIN, 1994; KARLEN et al., 1997).

De acordo com Karlen et al. (1997), diferentemente de outros parâmetros de qualidade, como a qualidade do ar e da água; a qualidade do solo não possui padrões técnicos para ser aferida.

Desde a criação dos conceitos sobre qualidade do solo, até os dias atuais, inúmeras hipóteses foram propostas por diversos autores, tais como: Conceição et al., (2005), que afirmam que é necessário que se faça análise da matéria orgânica do solo, já que fornece nutrientes às plantas e tem influência em diversas reações que ocorrem no sistema edáfico, como a decomposição de resíduos por exemplo.

Trannin et al. (2007) propõem que os micro-organismos e seus processos sejam quantificados, pois o processo de ciclagem de nutrientes, balanço e fluxo energético, características físicas como a estrutura do solo e químicas como os teores de matéria orgânica, são influenciados por esses organismos.

Para Neves et al. (2007) os atributos físicos precisam ser analisados, pois estes têm relação direta com o movimento de água no solo e desenvolvimento do sistema radicular. É necessária a avaliação dos fatores de complexidade do ambiente edáfico, pois há interação de processos físicos, químicos e biológicos para determinação da qualidade do solo (Tótola & Chaer, 2002).

D'Andréa (2001) nas suas pesquisas esclarece que os conceitos de qualidade do solo que foram formados recentemente, são oriundos das interferências antrópicas sobre o meio ambiente, e que na conversão de sistemas naturais para agrícolas, muitos atributos do solo estão sendo alterados, indicando assim mudanças na qualidade do solo.

Desse modo, devido à sua dinâmica no solo e heterogeneidade, a qualidade pode então ser avaliada por meio de indicadores qualitativos, designados pelo homem (ARAÚJO et al., 2012).

A disponibilidade dos solos para produção e a sustentabilidade dos mesmos, vem sendo fator limitante à produção, uma vez que o homem usa de maneira inadequada os recursos naturais, estes vão esgotando-se e, portanto, perdendo sua capacidade produtiva, originando solos com diferentes graus de

degradação. Diante disso, vem crescendo a preocupação de pesquisadores em desenvolver práticas que mitiguem ações antrópicas que estão sendo causadas aos solos (BASTIDA et al., 2008).

Outras hipóteses ainda são abordadas, sugerindo que a qualidade do solo seja avaliada por um conjunto de indicadores, resultando num índice geral de qualidade. De acordo com Islam & Weil (2000), a qualidade do solo também pode ser avaliada por índices, que indiquem o grau de degradação do solo, comparando as propriedades físicas, químicas e biológicas de um solo sob ação antrópica com um ambiente natural. Para este conceito, as funções do solo devem ser definidas de acordo com o objetivo esperado, os atributos atuantes em cada função devem ser avaliados e dessa maneira, fazer a seleção de um conjunto de indicadores de qualidade para cada função do solo (DORAN & PARKIN, 1994; KARLEN & STOTT, 1994; LARSON & PIERCE, 1994).

De acordo com o conceito acima, Tótola & Chaer (2002) ilustram na Figura 2 interações que ocorrem entre os atributos do solo, suas funções e seus indicadores de qualidade, que vão influenciar no índice de produção vegetal. Conforme os autores, as funções do solo são desempenhadas a partir de relações diretas com seus atributos.

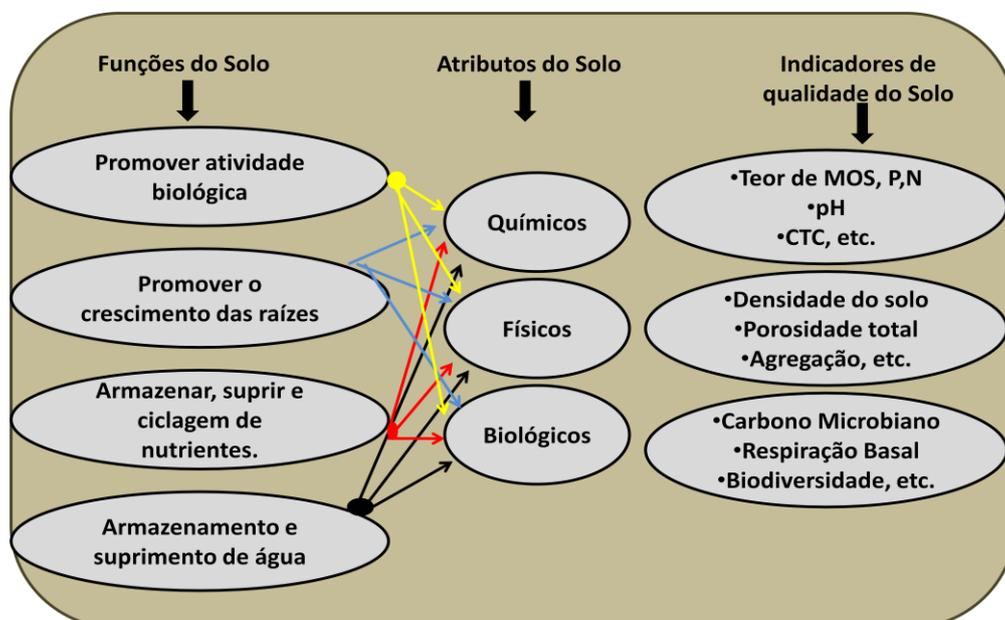


Figura 2. Funções, atributos e indicadores de qualidade do solo.

Fonte: Adaptado de Tótola & Chaer (2002).

Um exemplo dessa interação é que o solo, ao realizar o processo de ciclagem de nutrientes, é diretamente dependente dos atributos químicos e biológicos, o conteúdo e arranjo das partículas minerais do solo são influenciados por atributos físicos e químicos e o armazenamento e disponibilidade de água e nutrientes envolvem todo o conjunto de atributos do solo.

Sendo assim, a qualidade do solo é um parâmetro que abrange diversas áreas, podendo ser conceituada de forma geral, como o funcionamento do solo em resposta ao uso que está se fazendo do mesmo, ou seja, o comportamento que o solo tem, mesmo diante de todas as perturbações que o modifica com as ações antrópicas (CORRÊA et al., 2004).

Para avaliação da qualidade do solo é necessário dados que indiquem o potencial do solo e quais das suas propriedades físicas, químicas e biológicas possam ser sugeridas e usadas para tal atividade (CARDOSO, 2008).

Com relação a estas propriedades do solo, durante muito tempo as biológicas, especificamente a comunidade microbiana do solo, foi desprezada como indicador de qualidade do solo, sendo dada maior ênfase às propriedades químicas e físicas do solo. Atualmente, estudos mostram que essas propriedades, que antes não eram adotadas para avaliação da qualidade do solo, são influenciadas pelos micro-organismos e seus processos vitais, corroborando seu estabelecimento e importância na sustentabilidade e atuação dos agroecossistemas (OLIVEIRA et al., 2014).

2.6 Avaliação de atributos do solo e sistemas de manejo em áreas cultivadas

Dentre as limitações produtivas que o nordeste enfrenta, podem-se destacar os baixos níveis de pluviosidade (OLIVEIRA et al., 2011). Um dos elementos essenciais ao desenvolvimento e crescimento vegetal é a água; e, nas regiões do nordeste brasileiro, as chuvas estão em índices limitantes à necessidade hídrica das plantas (DANTAS NETO et al., 2006).

O crescimento da população aponta estimativas da necessidade do mundo em aumentar a produção de alimentos até 50% em 2025, sendo 80% serão provenientes da agricultura irrigada e do tipo de manejo que o solo

receberá (FAO, 2003). Diante desta situação, as técnicas que preconizam um bom manejo do solo, têm sido consideradas alternativas de garantia na produção agrícola (KHAN et al., 2006; FERNÁNDEZ-CIRELLI et al., 2009).

Os solos agrícolas podem atuar como fonte ou dreno na emissão de gases de efeito estufa (GEE), esse processo é dependente ao tipo de manejo a que o solo foi submetido (IPCC, 2001).

O uso da terra, manejo e preparo do solo afetam atributos químicos, físicos e biológicos; por exemplo, as taxas metabólicas dos micro-organismos no processo de decomposição de resíduos e matéria orgânica pode ser reduzida ou favorecida por tais fatores (COSTA et al., 2008). De acordo com o tipo de manejo adotado, os solos podem manter, melhorar ou degradar suas propriedades químicas, físicas e biológicas, estas que indicam sua capacidade de produção (VASCONCELOS et al., 2014).

Dessa maneira, pode-se considerar que o emprego de um manejo ao solo é, quando mal planejado e executado, uma atividade de risco potencial para a qualidade do mesmo, podendo ou não apresentar riscos de degradação de solos, incluindo, por exemplo, a compactação e erosão (CORRÊA et al., 2009).

2.7 Atributos do solo

Os atributos físicos, químicos e biológicos do ecossistema edáfico são alterados de acordo com os diferentes sistemas de manejo que são adotados, conforme finalidade do cultivo e uso do solo. Tais práticas de manejo influenciam diretamente na capacidade de produção do solo.

A análise das alterações dos atributos do solo, em decorrência do uso e sistema de manejo, gera dados informativos para que possam ser estabelecidos sistemas de cultivo que sejam menos agressores ao solo.

Diversos atributos do solo vêm sendo usados para que sejam analisadas as mudanças causadas pelos diferentes sistemas de manejo, e também como parâmetros indicadores de qualidade do solo (ARAÚJO et al., 2007). Corrêa et al. (2009) dizem que a avaliação dos atributos do solo que são indicadores de qualidade estabelecem um trabalho contínuo na análise de sistemas produtivos com o objetivo de adaptar manejos ou propor usos do solo de maneira mais

sustentável.

Ainda de acordo com os autores, a variabilidade dos atributos do solo na vegetação nativa é muito inferior quando comparada com a dos solos agricultáveis e, por este motivo, a vegetação nativa torna-se um referencial para avaliação de solos modificados pela implantação de sistemas agrícolas. Diante desta comparação, é possível observar as alterações de atributos do solo após a utilização agrícola, comparar os impactos causados pelos diferentes sistemas de uso, averiguando-se qual apresenta maior conservação dos recursos naturais do sistema-solo.

De modo geral, os sistemas de manejo vão incidir no nível de perturbação do ambiente, juntamente com o solo e os fatores climáticos, melhorando algumas características e ocasionando a degradação de outras (SANTOS 2014). De acordo com Viana et al. (2011), a adoção de sistemas de cultivo e práticas de manejo que reduzam e controlem a degradação dos solos são de suma importância, uma vez que atuam de modo que a sustentabilidade econômica e agrícola dos solos são sempre mantidas.

O conhecimento sobre os atributos do solo esclarece melhor o funcionamento do mesmo e dá suporte para que práticas que minimizem os impactos causados pelos sistemas de cultivos sejam desenvolvidas, melhorando assim a qualidade do solo, estendendo a sua capacidade de produção e aumentando a diversidade da comunidade microbiana no solo; de modo geral, subsidia condições adequadas para crescimento e desenvolvimento vegetativo (CARNEIRO et al., 2009; GOMES et al., 2009,).

2.7.1 Atributos químicos do solo

O entendimento dos atributos químicos é de fundamental importância para um bom uso e manejo da terra. Com eles pode-se avaliar a dinâmica de nutrientes necessários à planta e a fertilidade dos solos. Os solos, estando em condições naturais, tendem mais fortemente ao seu equilíbrio com os processos biogeoquímicos (MOREIRA & MALAVOLTA, 2004).

Os teores de alguns elementos presentes no solo, por exemplo, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), expressam o estado nutricional do mesmo e apontam sua capacidade em

atender as exigências nutricionais do vegetal.

2.7.2 Atributos físicos do solo

As propriedades físicas do solo se diferem das demais, em função de vários fatores. Um deles, e de grande importância, é o manejo que está sendo aplicado no solo. Há uma significativa diferença entre solos cultivados e solos de áreas nativas, e alterações oriundas do manejo, são mais acentuadas em sistemas convencionais, uma vez que em sistemas conservacionistas, preserva-se ao máximo as características naturais do solo.

Alguns dos atributos físicos do solo que mais têm suas alterações causadas por sistemas de cultivo são: densidade do solo, porosidade, agregação, infiltração e capacidade de retenção de água no solo. Todos esses irão influenciar o comportamento do solo, fazendo com que sua resposta em relação à produção sejam procedidas de forma negativa (MENDES et al., 2006).

Existe uma forte relação entre o manejo e qualidade do solo; esse aspecto pode ser avaliado conforme a resposta das propriedades físicas no solo (ARGENTON et al., 2005). Segundo Dantas et al. (2012) e Maia (2013), a desestruturação e compactação dos solos e conseqüentemente a redução da porosidade, são reflexos de uma área mecanizada, onde devido às pressões causadas pelos implementos agrícolas o solo foi desarranjado.

O volume de poros é dependente da composição granulométrica e da estrutura do solo. Valores de macroporos menores que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ podem ser limitantes ao crescimento das raízes da maioria das culturas, assim como também às trocas gasosas (SANTOS & PEREIRA 2013). Altos valores de porosidade total e macroporosidade em superfície, em resposta ao preparo do solo, têm sido evidenciados (CRUZ et al., 2003; BERTOL et al., 2004; TORMENA et al., 2004).

Efeitos danosos ao solo, como aumento da densidade e conseqüente redução da porosidade, afetam a condutividade hidráulica e assim a infiltração de água no solo é impedida (BERNARDO et al., 2005; MANTOVANI et al., 2007).

O manejo do solo pode influenciar na compactação, adensamento e

infiltração, impedindo a movimentação de água e ar no perfil. Em casos de revolvimento do solo a entrada de água no perfil aumenta, por conta da maior rugosidade na superfície e menor escoamento (MANCUSO et al., 2014).

Segundo Doran & Parkin (1994), a densidade do solo é utilizada na medição estimada da estrutura do solo em relação ao seu potencial de lixiviação, aspectos erosivos e produtividade, e é atingida por aspectos como os sistemas de manejo adotados, quantidade de resíduos à superfície, e teor de matéria orgânica do solo (CAVENAGE et al., 1999; TORMENA et al., 2002; CRUZ et al., 2003; SPERA et al., 2004).

A comparação de diferentes sistemas de manejo fornecerá informações pertinentes na avaliação da qualidade do solo sob esses usos. Para aprimorar tais informações, o conhecimento das propriedades físicas do solo fornecerá subsídios para ajustar as técnicas de manejo que são implantadas, visando reduzir ao máximo a degradação do solo e seus recursos naturais.

2.7.3 Atributos biológicos do solo

Atributos químicos, físicos e biológicos são constantemente utilizados como parâmetros indicadores de qualidade do solo, porém, devido a comunidade microbiana ser a principal responsável por diversos fatores que ocorrem no solo, tais como: fluxo de energia, decomposição de compostos orgânicos e ciclagem dos nutrientes, sua atividade tem maior sensibilidade à ação antrópica e às alterações na qualidade do solo, e com isso seu potencial como indicador de qualidade é elevado (TÓTOLA et al., 2002).

O solo é um ambiente de ampla diversidade microbiana, fazendo relação com a conservação e restaurações biológicas que os micro-organismos podem causar. Em solos com elevados índices de atividade biológica, a população microbiana atua de maneira benéfica na fertilidade dos solos e na qualidade ambiental, bem como na recuperação de áreas e na minimização de degradação do ambiente (SCHMIDT, 2006).

A demanda de produtividade e maior competitividade de produção têm levado ao desmatamento de áreas, para que cultivos sejam implantados. No ecossistema edáfico, que tem grande importância para a manutenção da biodiversidade, devem ser realizadas atividades que assegurem a

sustentabilidade de todo sistema; com isso, a resposta produtiva, a viabilidade econômica e a diversidade biológica são sempre preservadas (LOPES, 2013).

Ainda de acordo com o autor, na proporção que o solo é manejado inadequadamente, ocorre uma redução da capacidade em manter uma produção sustentável na biologia do solo, motivo pelo qual nas últimas décadas a preocupação com a preservação do solo vem ganhando muita atenção.

A comunidade microbiana é influenciada, dentre outros fatores: pelo pH do solo; sua fertilidade, aeração; disponibilidade de substrato; temperatura do solo; força iônica e umidade (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Em vista de que, vários desses fatores estão ligados com o uso do solo, a atividade biológica, torna-se uma consequência do manejo que foi adotado (TÓTOLA & CHAER, 2002; CARDOSO, 2004).

Os principais processos microbiológicos indicadores de qualidade do solo apresentados pela comunidade científica, disponíveis na literatura, são a biomassa microbiana, a respiração basal e o quociente metabólico (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007).

Composta por uma diversidade enorme de micro-organismos e seres que compõe a microfauna, representa-se a biomassa microbiana pela parte viva da matéria orgânica do solo, com teores em média de 1 a 5% do nitrogênio orgânico, 2 a 20% do fósforo orgânico e 2 a 5% do carbono orgânico (SMITH & PAUL, 1990). Em se tratando ainda da biomassa microbiana, o carbono contido nela é o destino inicial do carbono que está em transformação no solo, atuando como energia armazenada para atividades microbianas (RICE et al., 1996).

A respiração do solo, oriunda da atividade heterotrófica da biomassa, é um indicador da decomposição de resíduos, de alterações no ecossistema e do giro metabólico do COS - Carbono Orgânico do Solo (PAUL et al., 1999).

A atividade microbiana é medida pela quantidade de C-CO₂ (respiração basal – RBS) liberado no processo de decomposição da MOS. A respiração basal pode ser determinada pela produção de C-CO₂, onde a quantidade de carbono liberado indica o C lábil ou prontamente disponível do solo (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

Porém, é válido ressaltar que a interpretação dos dados da atividade biológica tem que ser executada de maneira cautelosa, pois, quando os valores da respiração estão altos, não necessariamente indicam condições favoráveis;

sendo assim, alta taxa respiratória pode representar a curto espaço de tempo uma liberação de nutrientes para as plantas, e a longo espaço de tempo, uma possível perda de carbono orgânico do solo para atmosfera (PARKIN et al., 1996).

A determinação do quociente metabólico (qCO_2), dada pela relação entre a quantidade de CO_2 produzido pela unidade de carbono da biomassa microbiana e por unidade de tempo, identifica os solos que têm potencial na sua biomassa no uso de carbono/energia (menor qCO_2), refletindo em ecossistemas com menor índice de danos ou distúrbios (ANDERSON & DOMSCH, 1993). Sendo assim, o quociente metabólico expressa o quanto do C incorporado ao solo é perdido para atmosfera pela biomassa ativa para manter o carbono microbiano.

Outra medição que também pode ser feita é o quociente microbiano ($qMIC$), que é dado pela relação entre o C-CBM (biomassa microbiana do solo) e o COT (carbono orgânico total), na qual é possível analisar o quanto do COT está na forma microbiana (FRIGHETTO & VALARINI, 2000).

A matéria orgânica do solo (MOS) influencia as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, podendo ser analisada pela capacidade de troca de cátions, estabilidade de agregados, atividade microbiana e disponibilidade de nutrientes (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

Com a análise de todos esses atributos em conjunto, em função dos diferentes manejos de solo, as limitações e potencialidades dos ecossistemas naturais ou com ação antrópica, podem ser identificadas, usando-se de táticas que preconizem a sustentabilidade e conservação destes ambientes.

2.8 Processo estatístico multivariado

Os métodos estatísticos que analisam variáveis são subdivididos em dois grupos, sendo eles: aqueles que analisam as variáveis de maneira isolada, podendo ser denominados por estatística univariada; e outros que agrupam as variáveis de maneira conjunta, a estatística multivariada. Em situações que muitas variáveis estão correlacionadas entre si, dependendo do número de variáveis, a análise por métodos univariados torna-se mais complexa e pode não expressar resultados refinados sobre a pesquisa que foi feita (Vicini, 2015).

Segundo Neto (2004) a Análise Multivariada pode ser explicada por um conjunto de técnicas e métodos que utilizam, ao mesmo tempo, todas as variáveis na interpretação do conjunto de dados.

O emprego das técnicas multivariadas num conjunto de variáveis de uma mesma parcela ou unidade amostral analisa a interação e dependência entre essas variáveis, e também a função de cada uma delas na pesquisa. Dessa maneira, as variáveis são sintetizadas, facilitando a compreensão e interpretação dos dados. As técnicas multivariadas podem ainda realizar o agrupamento de espécies semelhantes, formando um grupo de variáveis que consiga os discriminar entre si.

De acordo com Moita Neto (2008), dentre as técnicas de análise multivariada tem-se a análise de componentes principais (ACP) que reduz a variabilidade dos dados, transformando um conjunto de variáveis num grupo pequeno de combinações lineares. A este grupo, dá-se o nome de componentes principais (Cps) que expressam a dimensão e propriedades dos dados sintetizados. Ferreira (2008) cita que os Cps expressam a amplitude de variação dos dados primários, e sua eficiência é dependente da estrutura de correlação com as variáveis originais.

Santos (2010) avaliou atributos físicos, químicos e biológicos por meio da ACP, onde evidenciou as diferenças apresentadas nos ambientes estudados e concluiu que as propriedades do solo são influenciadas de acordo com o manejo aplicado na área de cultivo.

Outra técnica multivariada é a análise de Cluster ou análise de agrupamentos. Seu objetivo é identificar e classificar variáveis em grupos semelhantes, de modo que esta similaridade seja maximizada dentro de cada grupo e reduzida entre um grupo e outro de variáveis (Mingoti, 2005). Em concordância com o autor, Albuquerque (2005) cita que o funcionamento da análise de agrupamentos é decorrente de um aglomerado de variáveis, a partir de então, esquemas de agrupamentos de dados são gerados e classificados de acordo com a finalidade do estudo.

Técnicas de análise multivariada vêm sendo amplamente utilizadas em estudos científicos (ANDRADE et al., 2003; SOUZA & SOUZA, 2006; RAMOS et al., 2007; NAKATANI et al., 2008; CARGNELUTTI FILHO et al., 2009; BOTTEGA et al., 2013; FREITAS et al., 2014; AQUINO et al., 2016;). Com

relação a isto, Freitas (2013) afirma que o uso de técnicas multivariadas foi eficaz na análise de similaridade e diferenciação, com base nos atributos do solo na área experimental.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

A área estudada está localizada na área agrícola da Estação Experimental de cana-de-açúcar do Carpina, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no Município de Carpina, PE (7°51'13"S, 35°14'10"W), a 180 m de altitude. O município de Carpina situa-se na mesorregião da Zona da Mata do Estado de Pernambuco (Figura 3), possui área territorial de 146,12km² e uma população de 80.194, o que corresponde em densidade demográfica de 548,82 hab/km² (IBGE, 2014).

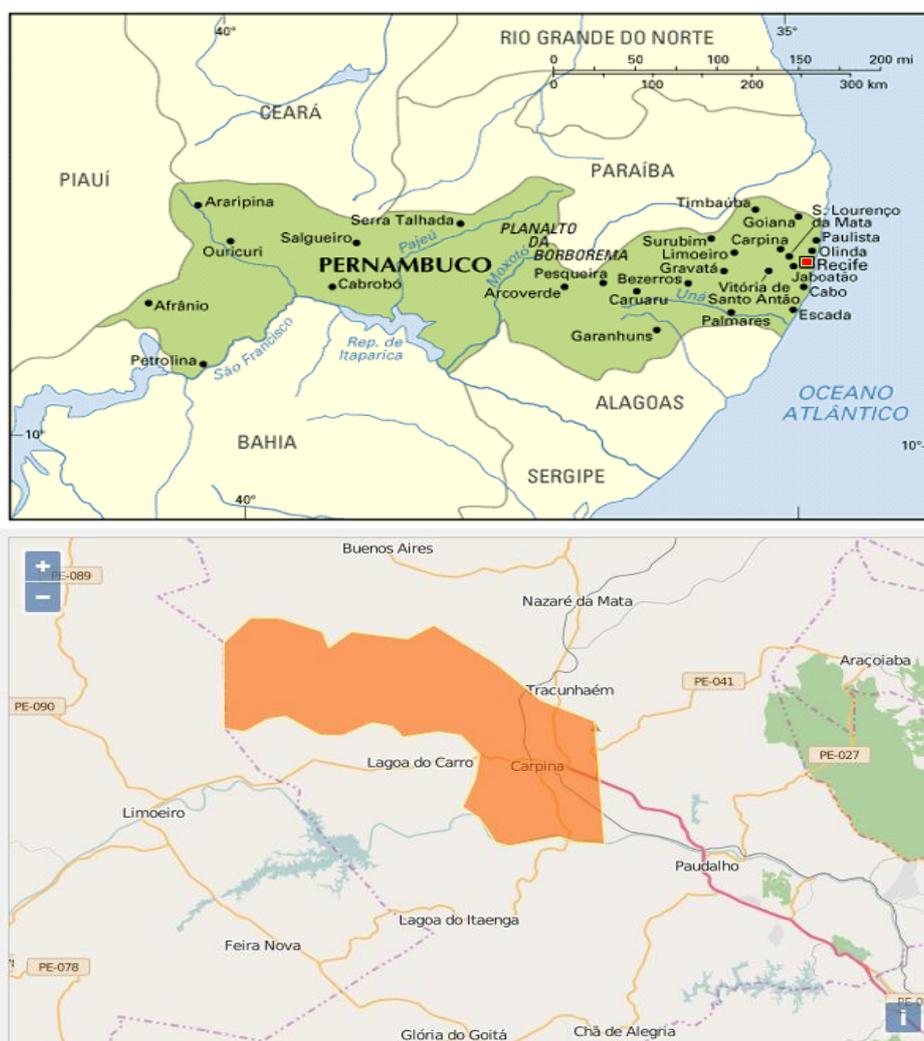


Figura 3. Distribuição dos municípios do Estado de Pernambuco e Localização do município de Carpina.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Ams', tropical chuvoso de monção, com verão seco. As estações outono e

inverno evidenciam o período chuvoso da região, com médias pluviométricas anuais entre 1.000 e 2.200mm, com meses chuvosos de maio a agosto (CLIMATE, 2016; CLIMATEMPO, 2016). A umidade relativa do ar média é 63%, e a temperatura média anual é 24,6°C. A vegetação é composta por Mata Atlântica, distribuída em árvores de médio e grande porte e gramíneas.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (SANTOS et al., 2013), o solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso, de textura franco-argilo-arenosa.

3.2 DESENHO EXPERIMENTAL, CORRETIVOS E ADUBAÇÕES

No campo, o experimento foi elaborado objetivando a avaliação da influência do manejo nas propriedades do solo (físicas, químicas e biológicas) na produtividade da cultura (cana-de-açúcar). Conduziu-se o experimento no período entre julho de 2014 e novembro de 2015 (compreendendo desde a época de plantio, até a colheita da cana-de-açúcar), em área de cultivo tipo sequeiro, com delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições; com arranjo fatorial 4x2, composto de três doses de gesso (1; 2 e 4 t ha⁻¹), respectivamente: G1; G2 e G4 e mais o controle: G0 (ausência de gesso); e dois sistemas de preparo do solo: com preparo do solo por meio de gradagem (CP) ou sem preparo do solo (SP), e em duas profundidades (0-10cm e 10-20cm), totalizando 32 unidades experimentais, conforme Figura 4.

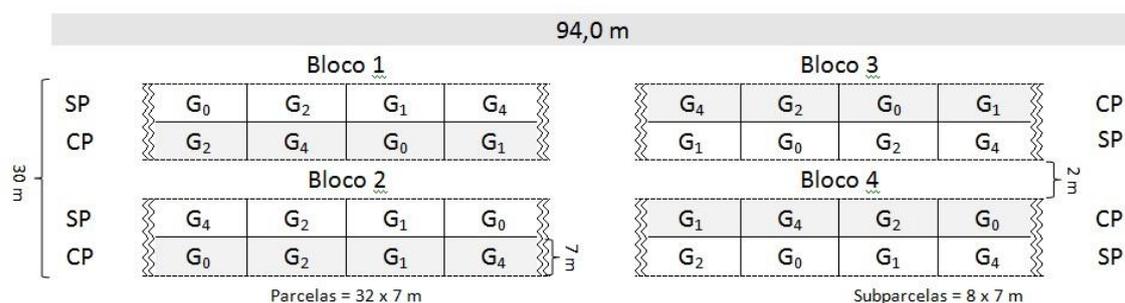


Figura 4. Desenho experimental das parcelas em campo. CP: com preparo do solo por meio de gradagem; SP: sem preparo do solo; G0: ausência de gesso; G1: 1 t ha⁻¹ de gesso; G2: 2 t ha⁻¹; G4: 4 t ha⁻¹.

Como corretivo do solo, utilizou-se o calcário (CaCO₃) e gesso

(CaSO₄2H₂O). A aplicação do calcário foi realizada um mês antes da implantação da cultura, numa dosagem única, e distribuída de forma homogênea na área de experimento. O gesso, considerado como um tratamento teve suas doses aplicadas manualmente em doses crescentes e distribuídas aleatoriamente no interior das parcelas. As doses de gesso não foram calculadas, foram pré-estabelecidas de acordo com resultados apresentados em pesquisas feitas anteriormente. E o preparo do solo constituiu-se do uso do subsolador seguido pela grade pesada.

A área experimental já vinha sendo utilizada com a cultura da cana-de-açúcar em cultivo convencional e foi preparada para implantação do experimento em julho de 2014. O preparo constituiu-se na dessecação da cultura utilizando os seguintes herbicidas: Roundup (Glyfosate, pós-emergente não seletivo) na dosagem de 2,0 L ha⁻¹ e Metribuzin (pré-emergente, seletivo para cana-de-açúcar) na dosagem de 3,0 L ha⁻¹. A correção do pH do solo foi feita via calagem, realizada por meio do método da saturação de bases para atingir 60% de saturação.

O calcário aplicado e demais tratamentos foram estimados a partir dos resultados das análises de solo mostradas na Tabela 1 e 2, de acordo com a elevação da saturação por bases (V). Particularmente, em cana-de-açúcar, recomenda-se aproximar esse valor a 60% da capacidade de troca catiônica (CTC) à pH 7. Assim, os cálculos para profundidade de 0 – 0,30 m foram realizados segundo a seguinte equação:

$$Q_c = \frac{[(60 - V)t]}{PRNT}$$

onde: QC = quantidade de calcário em t ha⁻¹; V = saturação por bases atual do solo; t = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; PRNT = Poder relativo de neutralização total do corretivo utilizado.

Tabela 1: Características químicas do solo utilizado no experimento.

pH _(H₂O)	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al ⁽³⁾	T	t	V	m
	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- (cmol/dm ³) -----			-----		----- (%) -----		
4,45	29,78	0,05	1,90	0,33	1,30	7,58	3,58	9,86	23,35	13,18

Tabela 2: Características físicas do solo utilizado no experimento.

----- Análise Granulométrica -----				
Areia	Silte	Argila	Textura	Ds
----- (g kg ⁻¹) -----				--(g cm ⁻³)--
(<2000 – 50 µm)	(<50 - 2 µm)	(<2 µm)		
205	695	101	Fr-arg-arenosa	1,65

Fr-arg-arenosa = Franco-argilo-arenosa

Na adubação de plantio da cana foram aplicados no fundo do sulco, 60 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, baseado nas recomendações de adubação do Instituto de Agrônomo de Pernambuco (IPA) e na análise de solo conforme apresentado na Tabela 1.

Visto ser considerado como um tratamento, o preparo mecanizado do solo foi feito de maneira seletiva, desse modo, foi realizada antes do plantio, por meio de um subsolador de duas hastes com 0,60m cada uma delas, e uma grade pesada contendo 34 discos com diâmetro de 32 polegadas de modo a atingir uma profundidade de 0,30 m.

Foi feita a subsolagem, inserindo as hastes no solo até uma profundidade de 0,45m, posteriormente, passou-se a grade pesada, processo denominado de gradagem, que atingiu a profundidade de 0,30m (como citado acima). Após realizado esse processo, demarcou-se sulcos espaçados a 1m entre linhas e 0,25m de profundidade média.

A variedade de cana utilizada foi a RB867515, em cana planta. O plantio foi realizado manualmente, no mês de julho de 2014, utilizando-se rebolos de três gemas, e distribuídos nos sulcos de 8 metros com uma densidade de plantio de 18 gemas por metro linear.

Foi utilizado o mapa de classificação dos solos da área cultivada em sequeiro da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC), onde foram selecionadas áreas para o estudo, separando-as pelos diferentes sistemas de manejo adotados.

As parcelas experimentais têm área total de 56 m², constituídas por sete linhas de cultivo, com espaçamento de 1 m entre sulcos e 8 m de comprimento (Figura 5).

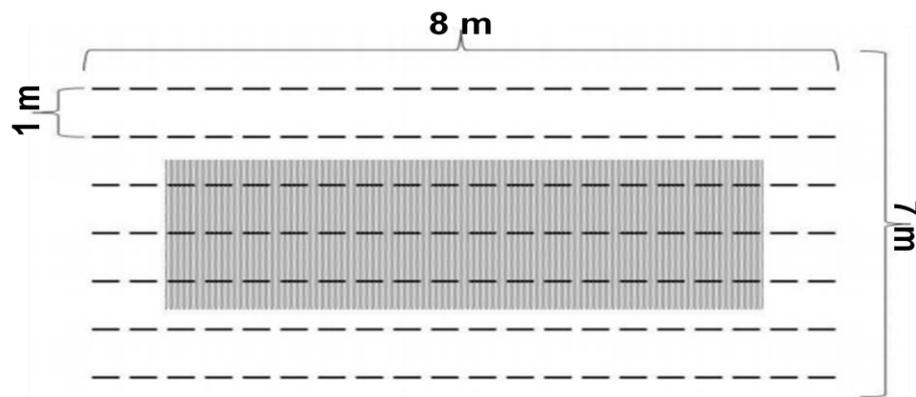


Figura 5. Desenho da parcela experimental. A área hachurada representa a parcela útil e a linha tracejada representa o sulco de plantio.

A área útil da parcela foi considerada as três fileiras centrais com 6 m de comprimento, desprezando-se dois sulcos das extremidades da parcela e 1 m de cada lado das cabeceiras dos sulcos como bordadura, ficando a área útil com 18 m².

3.3 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

Com o uso de GPS de navegação, cada unidade amostral marcada no mapa teve uma coordenada geográfica tomada em campo. Em cada parcela experimental, foram coletadas amostras não deformadas em anéis volumétricos de $\cong 100 \text{ cm}^3$, na profundidade de 0 - 0,30m, sendo estas utilizadas para análise dos atributos físicos que exigem a manutenção da estrutura dos solos. Após serem retiradas, as amostras foram envolvidas em papel filme para evitar perda de umidade, e com plástico bolha para evitar perturbações por impacto. Em seguida, já no laboratório de Física do Solo - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) as amostras foram preparadas, sendo retirado o excesso de solo contido nas extremidades de cada anel (toalete), e acondicionadas para posteriores análises.

As amostras deformadas, utilizadas para avaliação de alguns atributos físicos (sem exigências da estrutura) e químicos do solo, foram coletadas na mesma profundidade, mas com o uso de trado holandês.

Para análise dos atributos biológicos, coletou-se amostras na camada de 0 - 0,10m (Profundidade 1) e 0,10 - 0,20m (Profundidade 2). Em cada uma das

32 parcelas que constituem a área do experimento, foram coletadas ao acaso, 5 subamostras na Profundidade 1 e 5 subamostras na Profundidade 2. As amostras foram depositadas em um recipiente plástico e misturadas até atingir a homogeneidade, formando uma amostra composta para cada profundidade por parcela, totalizando 128 amostras nas duas coletas realizadas.

Na sequência, uma fração de aproximadamente 1 kg de cada amostra composta foi transferida para uma sacola plástica devidamente identificada e posteriormente levada ao laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

A coleta das amostras para análises dos atributos biológicos ocorreu em dois momentos. A primeira coleta foi realizada no período de pré-colheita, já a segunda, foi efetuada 7 dias após a colheita da cultura (período de pós-colheita, 10 dias após a primeira coleta), a fim de ter dados comparativos da área em diferentes condições.

Para fins de análises físicas e químicas, no campo, as amostras foram mantidas em temperatura ambiente, posteriormente, no laboratório, foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha (TFSA) e acondicionadas em sacos plásticos para o procedimento das análises. As amostras designadas às análises biológicas foram acondicionadas em recipientes refrigerados durante a coleta e transporte ao laboratório. Posteriormente, foi feita uma limpeza manual para retirada de materiais vegetais ainda presentes nas amostras, e em seguida foram destorroadas em peneiras de malha de 2 mm, e mantidas em sacos plásticos sob refrigeração a 6°C até o momento das avaliações, objetivando reduzir atividades metabólicas dos micro-organismos.

3.4 ANÁLISES FÍSICAS

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo - UFRPE. A Umidade gravimétrica da amostra – UA (%), corresponde a umidade da amostra no momento da coleta, foi determinada pela diferença de pesagem da amostra úmida e após secagem em estufa (EMBRAPA, 1997). A Umidade volumétrica na capacidade de campo - θ_{CC} (%), foi determinada pela diferença de pesagem da amostra equilibrada a 10 kPa (Romano & Hopmans, 2002) ou

33 kPa (Dane & Hopmans, 2002) e após secagem em estufa a 105 °C (DANE & TOPP, 2002).

A Densidade do solo D_s (g cm^{-3}), massa de uma unidade de volume de solo incluindo o espaço poroso, foi determinada pelo método do anel volumétrico (GROSSMAN & REINSCH, 2002) por meio da seguinte equação:

$$D_s = \frac{M_{ss}}{V_t}$$

onde: D_s – é a densidade do solo (g cm^{-3}); M_{ss} – é a massa da amostra contida no anel volumétrico e seca a 105°C (g); V_t – é o volume total do solo, assumido como sendo o volume do anel volumétrico ($\pi r^2 h$), expresso em cm^3 .

A análise granulométrica das partículas sólidas do solo foi realizada por meio do método do densímetro proposto em Gee & Or (2002), modificado e descrito por ALMEIDA, (2008), por meio da sedimentação das partículas que compõem o solo. No procedimento da análise, após ser adicionado o dispersante químico (NaOH a 1 mol L⁻¹), a areia total é obtida por peneiramento úmido (0,053 mm), aguarda-se 24 h para que ocorra a sedimentação do silte e seja feita a leitura da densidade da suspensão de argila + dispersante, por meio do densímetro de Bouyoucos. O silte foi obtido por diferença.

A Curva de Retenção de Água no Solo (CCRAS) foi feita após a quantificação da K_{sat} (condutividade hidráulica saturada do solo) e foi obtida pela relação entre a umidade volumétrica e o potencial da água no solo, ajustando-se os dados pelo modelo de van GENUCHTEN (1980), utilizando o software *Retention Curve* (RetC). As amostras foram resaturadas por um período de 24 horas e em seguida submetidas às tensões de 1, 6 e 10 kPa em mesa de tensão (OLIVEIRA, 1968; Romano & Hopmans, 2002) e para as tensões de 33, 100, 500, e 1500 kPa em câmara de Richards com placas porosas específica para cada tensão (Dane & Hopmans, 2002).

Estando em equilíbrio, os conjuntos anel-amostra foram pesados, sendo imediatamente determinada a resistência do solo à penetração de raízes (RP) por meio de um penetrômetro eletrônico de bancada, substituindo a placa de ruptura (utilizada na resistência tênsil de agregados) por uma agulha que simula as raízes no solo. A agulha apresenta base na forma de cone com 4 mm de espessura e foi inserida na amostra com uma velocidade de 0,03 mm s⁻¹. O aparelho é acoplado a um computador para a aquisição dos dados. Em

seguida, as amostras foram secas em estufa a 105 °C, por 24 h, para determinação do conteúdo de água em cada tensão e densidade do solo.

A Porosidade foi obtida de forma direta, a partir do método de saturação do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Com os dados apresentados na análise da CCRAS, obteve-se a distribuição de tamanho de poros, calculando-se inicialmente a porosidade total do solo. Dessa maneira, a partir da saturação da amostra, foi possível determinar a porosidade total (P; em m³ m⁻³), calculada mediante emprego da equação:

$$P = \frac{V_{\text{sat}}}{V_t}$$

onde: V_{sat} - é o volume de água contido nos poros do solo saturado, obtido pela diferença entre o peso do conjunto anel-solo saturado e anel-solo seco à 105 °C (m³), V_t - é o volume do solo, obtido a partir do volume do anel volumétrico (π r² h), expresso em m³.

Na distribuição de tamanho de poros usou-se a classificação de Prevedello (1996), onde macroporos são poros com raio > 150 μm; mesoporos são poros com raio entre 150 e 25 μm; microporos são poros com raio entre 25 e 0,1 μm; e os criptoporos são poros com raio < 0,1 μm. De acordo com esta classificação, a macroporosidade foi obtida após equilíbrio do conjunto anel-amostra na tensão de 1 kPa, seguindo equação:

$$\text{Macro} = \frac{V_{\text{macro}}}{V_t} = \frac{(\text{Peso solo saturado} - \text{Peso solo equilibrado à 1 kPa}) / Da}{V_t}$$

onde: Macro = macroporosidade, expressa em m³ m⁻³; V_{macro} é o volume de macroporos, obtido pela diferença de peso entre o solo saturado e o solo equilibrado na tensão de 1 kPa, convertendo peso em volume, pela divisão pela densidade da água (Da); V_t, é o volume do solo, obtido pelo volume do anel volumétrico (π r² h), expresso em m³.

Depois que a tensão de 1 kPa ficou em equilíbrio, a mesoporosidade foi obtida em sequência, após aplicação e equilíbrio de tensão correspondente a 6 kPa, e calculada seguindo a equação:

$$\text{Meso} = \frac{V_{\text{meso}}}{V_t} = \frac{(\text{Peso solo equilibrado à 1 kPa} - \text{Peso solo equilibrado à 6 kPa}) / Da}{V_t}$$

onde: Meso = mesoporosidade, expressa em m³ m⁻³; V_{meso} é o volume de mesoporos, obtido pela diferença entre o solo equilibrado à 1 kPa e a 6 kPa, convertendo peso em volume, pela divisão pela densidade da água (Da); V_t, é

o volume do solo, obtido pelo volume do anel volumétrico ($\pi r^2 h$), expresso em m^3 .

A microporosidade foi obtida após subtração do peso do conjunto anel-solo equilibrados a 6 kPa e 1500 kPa, conforme equação:

$$\text{Micro} = \frac{V_{\text{micro}}}{V_t} = \frac{(\text{Peso solo equilibrado à 6 kPa} - \text{Peso solo equilibrado à 1500 kPa}) / D_a}{V_t}$$

onde: Micro = microporosidade, expressa em $m^3 m^{-3}$; V_{micro} é o volume de microporos, obtido pela diferença entre o solo equilibrado à 6 kPa e a 1500 kPa, convertendo peso em volume, pela divisão pela densidade da água (D_a); V_t , é o volume do solo, obtido pelo volume do anel volumétrico ($\pi r^2 h$), expresso em m^3 .

A criptoporosidade foi determinada como a diferença entre o peso do conjunto anel-solo equilibrado a 1500 kPa e o peso do conjunto anel-solo seco em estufa a 105 °C por 24 horas, de acordo com a equação:

$$\text{Cripto} = \frac{V_{\text{cripto}}}{V_t} = \frac{(\text{Peso solo equilibrado à 1500 kPa} - \text{Peso solo seco em estufa}) / D_a}{V_t}$$

onde: Cripto = criptoporosidade, expressa em $m^3 m^{-3}$; V_{cripto} é o volume de criptoporos, obtido pela diferença entre o peso do solo equilibrado à 1500 kPa e o peso solo seco em estufa a 105 °C por 24 horas, convertendo peso em volume, pela divisão pela densidade da água (D_a); V_t , é o volume do solo, obtido pelo volume do anel volumétrico ($\pi r^2 h$), expresso em m^3 .

A Curva de distribuição do tamanho do poro foi obtida a partir da curva de retenção, usando a equação simplificada ($D_{\mu m} = \frac{30}{\psi}$), tida a partir da expressão matemática de BOUMA (1991).

A condutividade hidráulica saturada, determinada em laboratório (K_{sat}), foi obtida conforme Reynolds & Elrick (2002) com modificações, utilizando as amostras coletadas em anéis volumétricos, previamente saturadas e adaptadas a um permeâmetro de carga constante. A medida quantitativa da condutividade hidráulica saturada foi obtida por meio da aplicação da equação de Darcy, usando a equação :

$$K_{\text{sat}} = \frac{V_a \cdot L}{A \cdot T \cdot (\Psi_C - \Psi_B)}$$

em que: K_{sat} corresponde a condutividade hidráulica saturada, expressa em $cm h^{-1}$; V_a é o volume de água coletado (cm^3); L é a altura do corpo de prova; A , é a área da seção transversal do anel (cm^2); T , é o tempo de fluxo da água

pelo corpo de prova (h); Ψ_C é o potencial total na parte superior do corpo de prova (cm de coluna de água = cca); Ψ_B é o potencial total na parte inferior do corpo de prova (cca).

A Estabilidade de agregados foi medida pelo método de peneiramento por via úmida em aparelho de oscilação vertical do tipo Yooder, proposto por Kemper & Rosenau (1986), com modificações. Na análise são medidas a quantidade e a distribuição do tamanho dos agregados que são estáveis em água, fazendo relação destes com os agregados que não se desintegraram pela tamisação. Os agregados foram manualmente separados para apresentarem diâmetro médio de 5,90 mm (passados em peneira de 7,1 mm e retidos na peneira de 4,70 mm).

Foram separadas quatro subamostras de 25 g desses agregados, sendo três utilizadas no peneiramento por via úmida, e uma para determinação do fator de correção de umidade (fator "f"), corrigindo-se os pesos dos agregados secos ao ar para secos em estufa. Após secagem ao ar, a fim de reduzir o efeito da umidade antecedente, os agregados foram colocados em papel filtro e umedecidos por capilaridade durante 10 minutos, objetivando a expulsão do ar aprisionado em seu interior, impedindo o aumento brusco de pressão interna durante o peneiramento, que provocaria sua ruptura.

O equipamento usado para peneiramento nesse ensaio é composto de 3 cilindros, comportando cada cilindro uma série de 5 peneiras acopladas entre si com diferentes aberturas de malhas: 2,00; 1,00; 0,50; 0,25; 0,125 mm, depois da saturação as subamostras foram transferidas para o conjunto de peneiras, sendo depositados cuidadosamente na peneira superior, com 2,0 mm de malha, imersas em água, enquanto o embolo, com movimento vertical (amplitude de 5 cm) eleva e abaixa todo o conjunto. As amostras permanecem em movimento de oscilação vertical no equipamento durante 10 minutos.

3.5 ANÁLISES QUÍMICAS

O pH do solo foi obtido potenciometricamente na suspensão com proporção solo-líquido será de 1:2,5 (EMBRAPA, 1997). A leitura do pH foi realizada em solução de cloreto de potássio à 0,01 mol L⁻¹ (KCl 0,01 mol L⁻¹) e em água (EMBRAPA, 2009).

O Ca trocável – Ca ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), Mg trocável – Mg ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e K trocável – K ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) foram extraídos do solo com solução de acetato de amônio 1 mol L^{-1} e determinado por espectrofotometria de absorção atômica (RICHARDS, 1954).

3.6 ANÁLISES BIOLÓGICAS

A Respiração basal – RBS ($\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ solo hora}^{-1}$) foi determinada pelo método descrito por Mendonça e Matos (2005) com modificações, que consiste na quantidade de CO_2 evoluído a partir de 20g de solo, incubados durante 10 dias, extraído com solução de NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e titulado com HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$.

O Carbono da biomassa microbiana – CBM ($\text{mg de C-CBM kg}^{-1} \text{ solo seco}$) foi determinado por fumigação-extração segundo Vance et al. (1987), que tem seu princípio básico, a extração do carbono microbiano, após a lise celular e morte dos micro-organismos, por meio do ataque do clorofórmio e liberação dos constituintes celulares.

O Carbono orgânico do solo COT(dag kg^{-1}) foi determinado pelo método proposto por Yeomans & Bremner (1998), através da oxidação da matéria orgânica por via úmida pelo dicromato de potássio. Para quantificação dos teores de COT, utilizou-se 0,1g de solo acrescido de 5 mL da solução de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,167 \text{ mol.L}^{-1}$) e 7,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. A amostra foi mantida numa temperatura de 170°C , durante 30 minutos, em seguida, os teores de COT foram quantificados através do método titulométrico, tendo como agente titulante, o sulfato ferroso amoniacal $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$. As análises foram realizadas em triplicata.

Os teores de Carbono solúvel em água quente (CSAQ) foram obtidos pelo método de Bartlett e Ross (1988), com modificações feitas a partir de trabalhos de Rovira & Vallejo (2007) e Silveira et al. (2008).

Obteve-se os compostos solúveis a partir de uma amostra contendo 5 g de solo (TFSA), com 25 mL de água deionizada em tudo de fundo com formato cônico, tipo falcon, com capacidade para 50 mL. A amostra foi submetida à agitação, e o material em suspensão foram colocados num agitador horizontal, mantida numa temperatura de 20°C durante 30 minutos. Posteriormente, as

amostras foram centrifugadas a 1.500 g durante 10 minutos e filtradas em papel de filtro quantitativo (45 µm de diâmetro do poro). No momento seguinte, ainda no mesmo recipiente, adicionou-se 25 mL de água deionizada a 80°C ao resíduo remanescente de solo. Novamente, o material em suspensão foram colocados num agitador horizontal, mantida numa temperatura de 20°C durante 30 minutos. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 1.500 g durante 10 minutos e filtradas identicamente á descrição anterior.

Os extratos obtidos foram acondicionados e resfriados a 4°C, (podendo ser armazenados até 7 dias após sua extração), até serem analisados, determinando o carbono solúvel em água por colorimetria. As análises foram realizadas em triplicata.

O Quociente metabólico - qCO_2 ($mg\ C-CO_2\ mg^{-1}\ C-CBM\ dia^{-1}$) foi determinado pela razão $C-CO_2$ liberado/biomassa microbiana (ANDERSON e DOMSCH, 1993).

O Quociente microbiano – $qMIC$ (%) foi calculado pela relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo, segunda a expressão: $qMIC = (CBM/COT) /10$ (SPARLING, 1992).

O Estoque de carbono - $EC(Mgha^{-1})$ foi obtido na camada de 0-10cm e calculado pela expressão: $EC = (C-orgânico \times Ds \times e) /10$, onde C-orgânico é o teor de carbono orgânico total do solo ($g\ kg^{-1}$); Ds é a densidade do solo ($kg\ dm^{-3}$); e é a profundidade considerada (cm).

O Estoque de carbono da biomassa- $ECBM(g\ ha^{-1})$ foi obtido na camada de 0-10cm e calculado pela expressão: $ECBM = (C-CBM \times Ds \times e)/10$, onde C-CBM é o teor de carbono microbiano do solo ($g\ kg^{-1}$); Ds é a densidade do solo ($kg\ dm^{-3}$); e é a profundidade considerada (cm).

3.7 Interpretação dos resultados

Os resultados das análises químicas e físicas foram submetidos à análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa de estatística SISVAR (FERREIRA, 2003).

Os parâmetros referentes aos atributos químicos, físicos e biológicos foram submetidos à análise dos componentes principais (ACP). Utilizou-se este

método por apresentar características de reduzir a multidimensionalidade de conjuntos de dados e gerar eixos interpretáveis (eixos ACP), encontrando combinações lineares das variáveis, de forma a descrever as fontes mais importantes de variação na ordenação dos dados (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Realizaram-se as seguintes ACPs: parâmetros biológicos/sistemas de preparo do solo, atributos químicos/ sistemas de preparo e atributos físicos/ preparo do solo. Além disso, os parâmetros referentes atributos químicos, físicos e biológicos foram submetidos à análise de agrupamento (*cluster analysis*), para descrever a similaridade entre os sistemas estudados. As análises de grupamento foram processadas por meio do programa Statistica (HILL; LEWICKI, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Carbono Orgânico Total (COT)

De acordo com os dados da Tabela 3, resultados apresentam que os teores de COT (Carbono Orgânico Total) encontrados no solo na primeira coleta (realizada antes da colheita da cultura) e na Profundidade 1 (0 - 10cm) foram de 10,92 e 10,17 g kg⁻¹ nos tratamentos sem preparo do solo (SP), na dose G0 e G4, respectivamente, não havendo influência da quantidade de gesso adicionada em cada tratamento. Já para o tratamento que recebeu preparo do solo (CP), esses valores foram de 9,16 e 12,71 g kg⁻¹, nas doses G0 e G4, respectivamente.

Na Profundidade 2 (10-20cm) para o tratamento que não recebeu preparo do solo (SP), as doses G0 e G4 apresentaram os valores 9,75 e 10,79g kg⁻¹, respectivamente; e o tratamento com preparo do solo (CP), nessas mesmas dosagens mostrou valores de 10,02 e 12,74 g kg⁻¹, respectivamente.

Em áreas de mata nativa, onde há uma maior incorporação de material vegetal e ciclagem de nutrientes no solo e menor revolvimento do solo, são encontrados valores bem maiores que estes apresentados em área de cultivo de cana-de-açúcar, uma vez que o impacto negativo que é causado pelo processo de transição de mata em áreas agrícolas reduz os teores de COT que pode ser encontrado no solo, afetando de modo geral, o estoque de C (Carbono) no sistema, concordando com os resultados apresentados por (JAKELAITIS et al. 2008; PÔRTO et al. 2009, e Cunha et al. 2012) . Conforme Jakelaitis et al. (2008), a redução do teor de carbono orgânico nos solos cultivados pode ser ocasionada pelo aumento no consumo do carbono por parte do manejo adotado na área, bem como pela biomassa microbiana.

Na segunda coleta realizada (após a colheita da cultura), os ensaios na Profundidade 1 apontaram resultados maiores quando comparados aos da primeira coleta. O tratamento que não recebeu preparo do solo (SP), nas doses G0 e G4 indicou valores de COT de 20,70 e 18,16 g kg⁻¹ e o tratamento CP, também nas doses G0 e G4, valores de 19,47 e 16,93 g kg⁻¹, respectivamente. Para a 2ª Profundidade, os dados apontados foram maiores que os da primeira coleta, no tratamento SPG0 e SPG4, os valores foram 18,56 e 17,75 g kg⁻¹,

respectivamente. E os tratamentos CPG0 e CPG4 apresentaram valores de 18,18 e 17,24 g kg⁻¹. Nota-se que, na segunda coleta, os valores na dose G0, são superiores a dose G4, porém, mesmo apresentando diferença nos valores, em valores absolutos não há diferença significativa.

Tabela 3: Quantificação do carbono orgânico total (COT) sob diferentes sistemas de manejo e doses de gesso.

Tratamento	Profundidade	Coleta 1	Tratamento	Profundidade	Coleta 2
		g kg⁻¹		10-20cm	g kg⁻¹
SPG0	0-10cm	10,92	SPG0	0-10cm	20,70
SPG1	0-10cm	9,53	SPG1	0-10cm	19,83
SPG2	0-10cm	9,99	SPG2	0-10cm	19,30
SPG4	0-10cm	10,17	SPG4	0-10cm	18,16
CPG0	0-10cm	9,16	CPG0	0-10cm	19,47
CPG1	0-10cm	12,04	CPG1	0-10cm	19,78
CPG2	0-10cm	12,66	CPG2	0-10cm	18,59
CPG4	0-10cm	12,71	CPG4	0-10cm	16,93
SPG0	10-20cm	9,75	SPG0	10-20cm	18,56
SPG1	10-20cm	9,57	SPG1	10-20cm	18,25
SPG2	10-20cm	10,73	SPG2	10-20cm	18,23
SPG4	10-20cm	10,79	SPG4	10-20cm	17,75
CPG0	10-20cm	10,02	CPG0	10-20cm	18,18
CPG1	10-20cm	11,89	CPG1	10-20cm	18,13
CPG2	10-20cm	12,03	CPG2	10-20cm	17,64
CPG4	10-20cm	12,74	CPG4	10-20cm	17,24

O gesso é um condicionador de solo, e o aumento de sua dosagem influencia o teor de carbono orgânico total, visto que, com a aplicação do gesso, o maior desenvolvimento do sistema radicular promoverá maior biomassa microbiana, consumindo um maior conteúdo de carbono presente no solo. Corroborando os dados encontrados, Cunha et al. (2012), estudando o efeito dos sistemas de cultivo nos atributos do solo, encontrou a correção do solo e o manejo, provocaram alterações nos atributos biológicos do solo, principalmente na condição de um ambiente natural. Por outro lado, em trabalhos de Wyngaard et al. (2012) e Costa (2012), avaliou-se que o efeito da

calagem, (técnica que eleva os teores de cálcio e magnésio, objetivando o desenvolvimento vegetal, melhorando as condições do solo na cama arável) gessagem (técnica que atua nas camadas subsuperficiais, disponibilizando cálcio para as camadas mais profundas do solo e auxiliando o desenvolvimento do sistema radicular), combinada com outros fertilizantes não influenciaram o carbono do solo.

4.2 Carbono da biomassa microbiana (CBM)

A biomassa microbiana é considerada a parte viva e de maior atividade que constitui a matéria orgânica do solo (MOS), representando entre 2 e 5% do carbono (C) orgânico (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; ROSCOE et al., 2006), e tem diversas atuações, desde a decomposição de resíduos orgânicos até biorremediação de poluentes contidos no solo (ARAÚJO & MELO, 2010; LONGO et al., 2011; BOECHAT et al., 2012) . Por ser uma fração biologicamente ativa, o CBM tem certa sensibilidade a mudanças de temperatura e umidade do solo, exsudatos radiculares, dentre outros fatores (ROSS, 1987; FRANZLUEBBERS et al., 1994).

Conforme os dados são apresentados na Tabela 4, a aplicação de gesso agrícola foi pouco influente no CBM, com valores médios na Profundidade 1 para os tratamentos SPG0, SPG4, CPG0 e CPG4 de 144,33, 124,51, 207,44 e 216,68 mg/Kg⁻¹, respectivamente; e na 2ª profundidade, com os mesmos tratamentos (SPG0, SPG4, CPG0 e CPG4), esses valores foram de 217,58, 154,13, 199,98 e 224,36 mg kg⁻¹, respectivamente. Abordando de acordo com a influência do gesso, o teor de carbono da biomassa microbiana foi reduzido nos tratamentos que não tiveram preparo do solo (SP), em contrapartida, essa proporção foi elevada de acordo com a interação do tratamento gesso e preparo do solo (CP), podendo ser destacado o tratamento CPG4, que recebeu a maior dose de gesso. Tais resultados concordam com trabalhos de Porto et al. (2009) e Ferreira et al. (2010), analisando diferentes sistemas de uso da terra, concluíram que o teor de CBM foi maior de acordo com o maior aporte de materiais orgânicos depositados ao solo, sendo uma reação indireta causada pelo gesso, por meio de sua atuação na expansão do desenvolvimento do sistema radicular dos vegetais.

Tabela 4: Quantificação do carbono da biomassa microbiana (CBM) sob diferentes sistemas de manejo e doses de gesso.

Tratamento	Profundidade	Coleta 1	Tratamento	Profundidade	Coleta 2
		mg kg⁻¹		10-20cm	mg kg⁻¹
SPG0	0-10cm	147,33	SPG0	0-10cm	177,78
SPG1	0-10cm	143,36	SPG1	0-10cm	173,82
SPG2	0-10cm	109,59	SPG2	0-10cm	167,07
SPG4	0-10cm	124,51	SPG4	0-10cm	160,97
CPG0	0-10cm	207,44	CPG0	0-10cm	249,47
CPG1	0-10cm	178,99	CPG1	0-10cm	171,98
CPG2	0-10cm	145,36	CPG2	0-10cm	161,93
CPG4	0-10cm	216,68	CPG4	0-10cm	144,19
SPG0	10-20cm	217,58	SPG0	10-20cm	186,45
SPG1	10-20cm	176,62	SPG1	10-20cm	163,00
SPG2	10-20cm	122,41	SPG2	10-20cm	170,54
SPG4	10-20cm	154,13	SPG4	10-20cm	171,01
CPG0	10-20cm	188,98	CPG0	10-20cm	119,33
CPG1	10-20cm	177,90	CPG1	10-20cm	160,95
CPG2	10-20cm	177,79	CPG2	10-20cm	182,91
CPG4	10-20cm	224,36	CPG4	10-20cm	195,27

Na 2ª coleta realizada, os tratamentos SPG0, SPG4, CPG0 e CPG4 analisados na 1ª profundidade apresentaram os seguintes valores: 177,78, 160,97, 249,47, 144,19 mg/kg⁻¹, respectivamente, e a 2ª profundidade, se assemelhou aos dados da primeira coleta, com valores de 186,45, 171,01, 119,33, 195,27 mg/kg⁻¹, para os mesmos tratamentos (SPG0, SPG4, CPG0 e CPG4), respectivamente.

Apesar dos impactos causados pela colheita, as diferenças entre os tratamentos não foram significativas. Os diferentes sistemas de preparo do solo podem incrementar ou reduzir o teor de CBM. O uso de maquinários agrícolas nas áreas de cultivo aumenta a compactação do solo, por outro lado, em sistemas que não fazem uso do mesmo tem um considerável aumento na biomassa microbiana (BALOTA et al., 1998). Paredes-Junior et al., (2014) apresentam que o preparo do solo por meio da subsolagem reduziu o CBM,

quando comparados com sistemas que não tiveram o mesmo tratamento, Franchini et al., (2007) também observou valores maiores de CBM em áreas que tiveram suas propriedades físicas, como por exemplo a estrutura do solo, mantida, e em áreas que o revolvimento foi intensificado houve redução do carbono contido na biomassa microbiana do solo.

4.3 Respiração Basal do solo (RBS)

A respiração microbiana do solo foi pouco influenciada pela interação dos tratamentos. Na primeira coleta, de acordo com os dados expressos na Tabela 5, as doses de gesso não tiveram efeito significativo na respiração dos micro-organismos, porém, quando o tratamento com preparo do solo (CP) é comparado com o tratamento que não teve preparo (SP), nota-se que o CP tem valores maiores, informação que é válida para ambas as profundidades, ou seja, a camada de 0-10cm não diferiu do comportamento da camada de 10-20cm. Os tratamentos SPG1, CPG1, SPG2 e CPG2 correspondem ao preparo ou não do solo (CP ou SP), com doses intermediárias de gesso, geralmente, como os dados apontam, nas variáveis analisadas, o comportamento de tais tratamentos é semelhante às doses de maior e menor quantidade, ou seja, os tratamentos SPG1 e CPG1 tem índices semelhantes aos tratamentos SPG0, CPG0, e os SPG2, CPG2 assemelham-se aos SPG4, CPG4, o que pode ser explicado pelo pouca influência que a interação (gesso+ preparo ou não do solo) teve sobre os tratamentos.

Os tratamentos que tiveram menores resultados podem ser explicados pela não uniformidade ou ausência de umidade do solo, possivelmente reduzindo a comunidade microbiana. Conforme BROOKES, (1995), a respiração microbiana do solo pode ser influenciada por diversos fatores, tais como: tipo de resíduo contido no solo, temperatura e umidade, e desse modo, a oscilação desta variável é explicada por tais aspectos que fora citado.

Nesta primeira coleta, a profundidade não influenciou a respiração microbiana, e notou-se que o aumento das doses de gesso aumentou a RBS, resultado que contrastou os dados encontrados no CBM (carbono da biomassa microbiana), neste caso, para a respiração microbiana do solo, o resultado encontrado nos mostra que a maior dose de gesso, atuando no

desenvolvimento do sistema radicular aumentaria a eficiência da população microbiana no que diz respeito à respiração basal, e conseqüentemente, devido a essa maior atividade, o teor de carbono contido na biomassa seria reduzido, pelo fato do carbono estar sendo perdido no processo de respiração.

Tabela 5: Quantificação da respiração basal microbiana do solo (RBS) sob diferentes sistemas de manejo e doses de gesso.

Tratamento	Profundidade	Coleta 1	Tratamento	Profundidade	Coleta 2
		mgC-Co₂g⁻¹		10-20cm	mgC-Co₂g⁻¹
		solo d⁻¹			solo d⁻¹
SPG0	0-10cm	6,74	SPG0	0-10cm	9,40
SPG1	0-10cm	5,97	SPG1	0-10cm	8,43
SPG2	0-10cm	7,93	SPG2	0-10cm	8,48
SPG4	0-10cm	7,64	SPG4	0-10cm	6,60
CPG0	0-10cm	9,83	CPG0	0-10cm	10,32
CPG1	0-10cm	9,94	CPG1	0-10cm	10,35
CPG2	0-10cm	9,97	CPG2	0-10cm	10,36
CPG4	0-10cm	10,18	CPG4	0-10cm	11,71
SPG0	10-20cm	8,38	SPG0	10-20cm	11,70
SPG1	10-20cm	8,51	SPG1	10-20cm	9,32
SPG2	10-20cm	8,92	SPG2	10-20cm	8,96
SPG4	10-20cm	8,96	SPG4	10-20cm	8,50
CPG0	10-20cm	10,49	CPG0	10-20cm	8,48
CPG1	10-20cm	9,05	CPG1	10-20cm	11,31
CPG2	10-20cm	9,80	CPG2	10-20cm	7,76
CPG4	10-20cm	10,12	CPG4	10-20cm	11,23

Na segunda coleta realizada a respiração basal do solo foi menor nos tratamentos que não receberam preparo do solo (SP), o que se explica pelo fato de que o preparo do solo e a colheita induziram a uma maior atividade dos micro-organismos e conseqüentemente um maior índice de respiração. Cunha et al. (2011), fazendo comparações de mata com sistemas convencionais, encontraram que a RBS foi reduzida nos sistemas de preparo do solo, porém, essa comparação foi feita com ambientes naturais, dados que foram apontados também por Fialho et al. (2006).

Conforme Araújo et al. (2007), os indicadores biológicos de qualidade do solo devem ser interpretados criteriosamente, uma vez que os mesmos podem ser influenciados por diversos fatores, e desse modo, alterar seus comportamentos. A atividade microbiana atuante no solo não necessariamente expressa dados de condições favoráveis, em diferentes momentos pode retardar ou acelerar o processo de decomposição, ciclagem e liberação de nutrientes, assim como, por meio da respiração, ter parte do carbono orgânico perdido para atmosfera.

Corroborando os dados encontrados na segunda coleta, Islam & Weil, (2000) concluíram que altos valores de respiração basal podem ser reflexos de alterações na área de cultivo, influenciando diretamente na capacidade produtiva do sistema. Neste caso, em áreas de cultivo que não são perturbadas por ação antrópica, no caso, pela ação dos maquinários agrícolas, a respiração do solo tem menores índices, e com isso, maiores conteúdos de carbono da biomassa microbiana (CBM) podem ser expressos, favorecendo a um maior equilíbrio da comunidade microbiana presente no solo no ecossistema presente (Pôrto et al., 2009; Ferreira et al., 2010).

4.4 Análise conjunta dos atributos físicos, químicos e biológicos

Alguns atributos biológicos que são indicadores de qualidade do solo foram apresentados nos itens anteriores. Com o intuito de reduzir o vasto número de dados obtidos, foi feita uma ACP (Análise dos componentes principais), encontrando combinações nos dados e dando ênfase às variáveis que mais foram influenciadas pelos tratamentos adotados.

De acordo com a figura 6, a análise de componentes principais apresentou que a variância entre os componentes avaliados foi de 66,25%, o primeiro componente compreendeu 42,54% da variância total, e o segundo 23,71% (Figura 6).

Os atributos do solo que propiciaram os maiores índices de correlação com o primeiro componente principal foram todos os atributos físicos, os teores de cálcio juntamente com os atributos biológicos, como o carbono orgânico total, o carbono da biomassa microbiana e a respiração basal do solo (Tabela 6). Esses atributos foram responsáveis por discriminar os sistemas de cultivo,

os tratamentos e as variáveis analisadas. Os atributos físicos foram impactados negativamente com os diferentes sistemas de manejo adotados na área do solo sob vegetação.

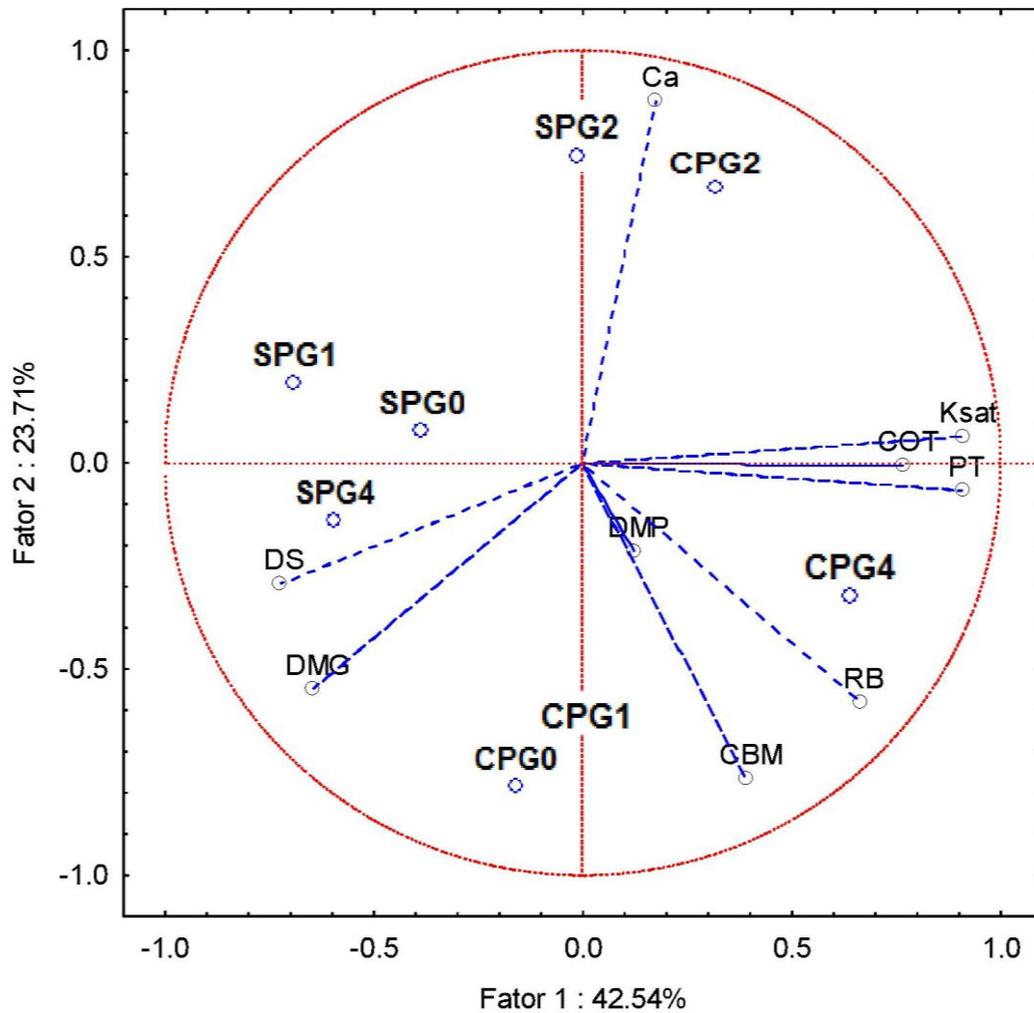


Figura 6. Componentes principais de distribuição de atributos físicos, químicos e microbiológicos da primeira coleta (pré-colheita), associados aos diferentes tratamentos avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.

Tabela 6: Matriz de correlação entre os parâmetros realizados na primeira coleta (pré-colheita) avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.

***Correlações marcadas são significativas a $p < 0, 5000$

Variável	CMB	COT	RBS	DS	PT	Ksat	DMG	DMP	Ca
CBM	1,00	0,18	0,58	-0,19	0,37	0,37	-0,13	0,17	-0,59
COT	0,18	1,00	0,53	-0,55	0,60	0,50	0,41	-0,42	0,16
RBS	0,58	0,53	1,00	-0,05	0,72	0,46	0,15	-0,27	-0,37
DS	-0,19	-0,55	-0,05	1,00	-0,44	-0,79	-0,02	0,54	-0,23
PT	0,37	0,60	0,72	-0,44	1,00	0,85	0,17	-0,50	0,24
Ksat	0,37	0,50	0,46	-0,79	0,85	1,00	0,07	-0,56	0,19
DMG	-0,13	0,41	0,15	-0,02	0,17	0,07	1,00	0,35	-0,07
DMP	0,17	-0,42	-0,27	0,54	-0,50	-0,56	0,35	1,00	-0,47
Ca	-0,59	0,16	-0,37	-0,23	0,24	0,19	-0,07	0,47	1,00

Com relação aos efeitos nos atributos físicos, (de acordo com a figura e tabela 6), suas propriedades não foram muito influenciadas de acordo com o gesso aplicado no solo, por outro lado, é possível evidenciar que nos tratamentos CPG4 e SPG4, há uma tendência que favorece tais atributos. No CPG4, por exemplo, a porosidade total do solo e o diâmetro médio ponderado foram favorecidos, já no SPG4, houve melhor resposta da densidade do solo e do diâmetro médio geométrico. Pode-se afirmar diante desses dados que, no tratamento que não recebeu o preparo do solo (SPG4), a densidade do solo foi menos alterada, visto que, a ausência do uso de maquinários não conferiu a ação de compactação do solo, dessa maneira, o desenvolvimento do sistema radicular é favorecido, visto que há condições para a expansão das raízes, uma vez que o solo não foi compactado.

Embasando os resultados encontrados, TORRES et al., (2011) e REICHERT et al., (2011) afirmam que o não revolvimento do solo preserva os espaços porosos deixados pelo sistema radicular das plantas, e com isso, poros contínuos são formados, facilitando a entrada e o fluxo de água ao longo do perfil do solo, assim como a aeração do solo.

Como ilustrado na figura 7, as relações entre os diferentes tratamentos realizados na primeira coleta, na primeira profundidade, foi dada de acordo com a diferenciação dos grupos, apresentando em média 38% de similaridade entre cada grupo formado.

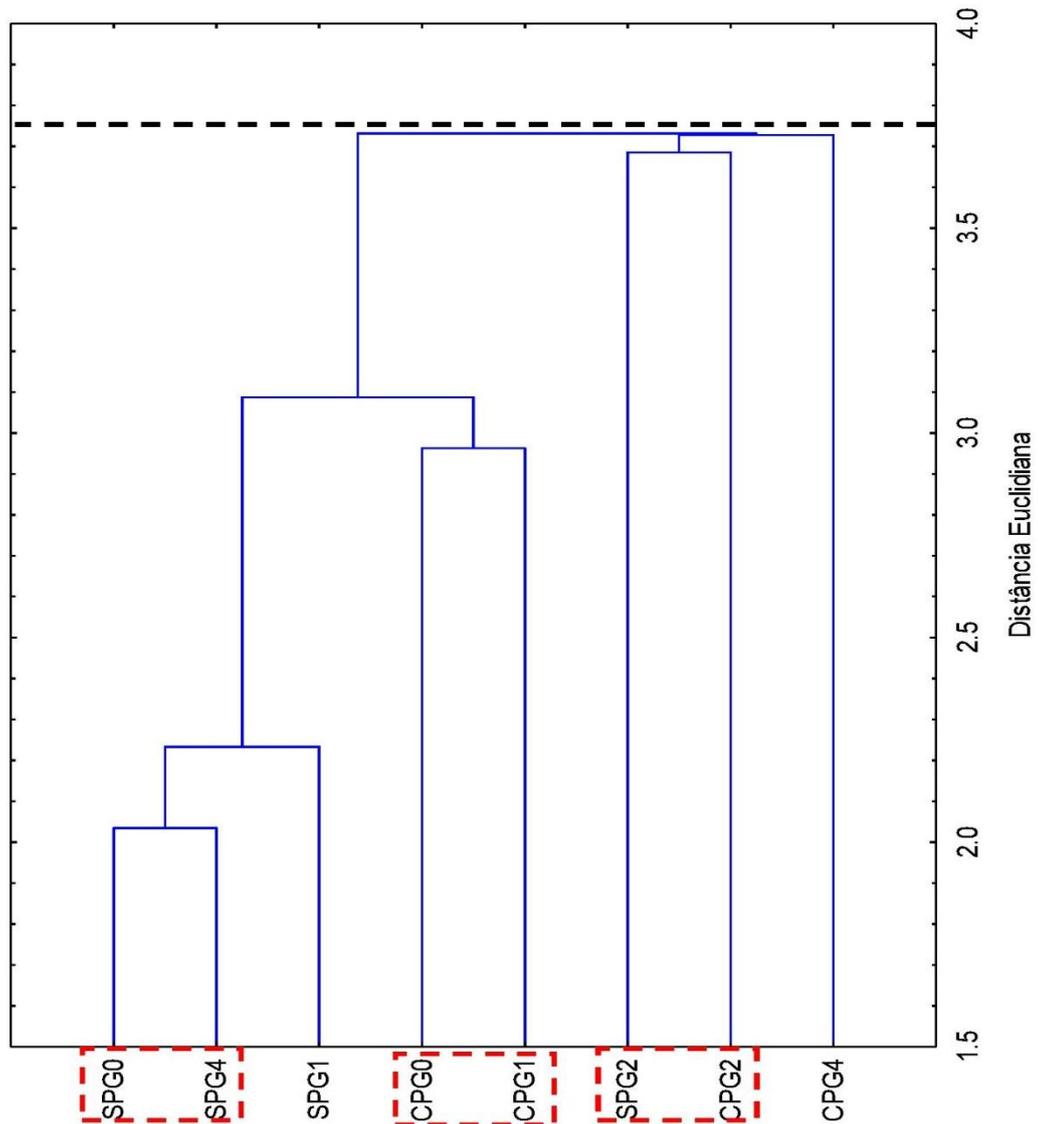


Figura 7. Análise de Cluster das relações entre os diferentes tratamentos realizados na primeira coleta (pré-colheita) avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.

Os grupos em destaque são formados pela similaridade existente com o outro componente do grupo. No primeiro grupo, por exemplo, tem-se a formação dos seguintes tratamentos SPG0 e SPG4, apesar do serem tratamentos distintos, o efeito do gesso pronunciou efeito similar entre os grupos. Para a segunda formação, o preparo do solo também foi influenciado pelas diferentes doses de gesso, porém, de maneira menos significativa que o grupo anterior.

Na figura 9, que evidencia a formação de grupos, analisando as mesmas variáveis, porém, na segunda profundidade, nota-se que o grupo mais abrangente foi formado por quatro tratamentos distintos (SPG0, SPG4, CPG1 e

CPG0); a este tipo de agrupamento, pode-se dizer que os tratamentos que tiveram ou não a passagem de máquinas e equipamentos, foram similares, atribuindo assim esse fator ao efeito da gessagem aplicada no solo, concordando com os resultados de Silva et al. (2008) e Andrade et al. (2009), que fazendo estudos comparativos de diferentes sistemas de qualidade do solo, notou-se somente que havia diferença significativa entre solos cultivados e solos sob mata, porém, analisando cada um destes de maneira isolada, atributos físicos como a porosidade e densidade do solo não apresentaram diferenças.

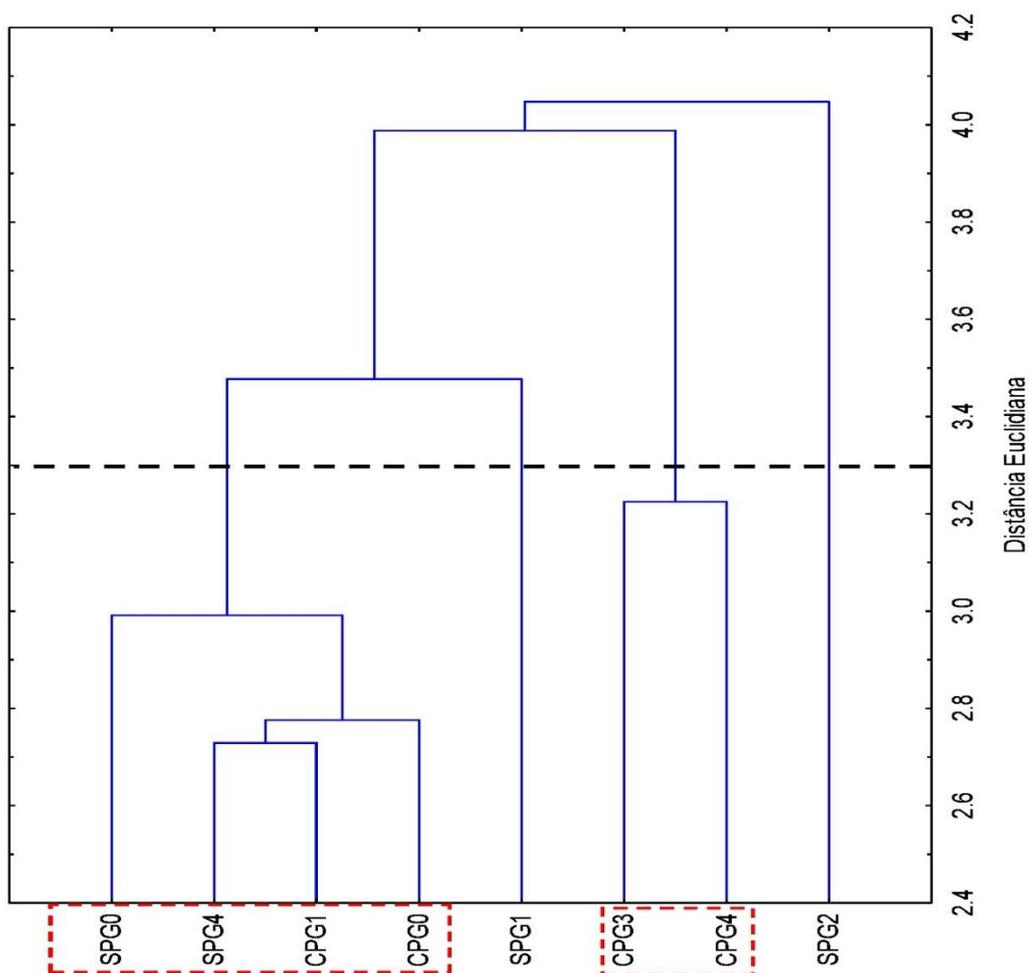


Figura 9. Análise de Cluster das relações entre os diferentes tratamentos antes da queima da cana avaliados na camada de 0,10-0,20 cm.

Ainda assim, Corrêa (2002) e Silva et al. (2008), objetivando tais comparações, constataram maior agregação nos sistemas em equilíbrio como também maiores teores de carbono orgânico e boa diversidade e atividade

microbiana na massa do solo.

Em relação ao uso do gesso não houve diferença significativa entre os tratamentos de preparo do solo (Figura 8), a Pt e Ds demonstra uma inversão proporcional, então quando utilizou o gesso tem-se maiores valores para a Ds e menores valores para Pt na análise realizada na segunda profundidade (Tabela 7). De modo geral, comparando os valores das Tabelas 6 e 7, quando se utilizou o gesso, nota melhores condição de solo, estes resultados são expressos pelo maiores de Pt e menores valores de Ds. Esta situação relaciona-se com as características do gesso, que promove o rompimento da estrutura dos agregados do solo, aumentando o seu volume de poros total.

Em trabalho de Lima et al.(2013) ,comparando sistemas de preparo do solo com diferentes doses de gesso, foi verificado que tratamentos que foram ou não aplicados com gesso não tiveram sua densidade do solo e porosidade total afetada, nota que vale tanto para a camada superficial do solo, assim como nas primeiras camadas subsuperficiais.

Em contrapartida, Souza et al.(2010) apresentaram resultados que indicam alterações na densidade do solo em função da aplicação de gesso na dosagem de 2t/ha. Afirma ainda que o uso do gesso agrícola reduz a densidade do solo (Ds) tanto quando a área de experimento for manejada por meio de preparo solo (sistema convencional), quanto a mesma for trabalhada sem intervenções de maquinários, ou seja, sempre preparo do solo.

Fazendo menção a tabela 7, houve uma relação inversa entra a condutividade hidráulica do solo e sua densidade. Existe uma relação entre os manejos do solo e as doses de gesso aplicadas, para estas duas variáveis, podendo ser observado que os tratamentos tiveram maiores valores de acordo com o uso do gesso. Na figura 8, a porosidade foi mais bem pronunciada no tratamento CPG2, podendo ser explicado pelo fato de que com a atuação do gesso que foi aplicado e a quebra dos agregados do solo pela ação do preparo, a porosidade total cresceu em função de o solo estar mais aerado.

De acordo com FRANCHINI et al. (2011), a manutenção da qualidade das propriedades físicas do solo é uma prática de suma importância, uma vez que estas têm influência direta no crescimento, desenvolvimento e estabelecimento das plantas, e influencia indiretamente demais atributos, tais como o conteúdo de carbono contido no solo, a atividade microbiana, que pode

ou não ser favorecida pelas propriedades físicas, de maneira abrangente a produtividade das culturas é resposta da interação entre os atributos do solo.

Neste estudo, a diferença entre os tratamentos aplicados, indica que muitos dos atributos físicos que foram analisados se mantêm relativamente constantes durante o período analisado e também de acordo com a profundidade analisada. Dessa forma, pode-se dizer que sistemas que prezam pela manutenção dos agregados do solo e pela redução da compactação do mesmo, têm melhores distribuições da porosidade do solo e dos diâmetros dos poros ao longo do perfil, fator que vai ser intensificado de acordo com a minimização do revolvimento do solo e maior presença de resíduos vegetais, que a partir de sua decomposição pela microbiota que compõe o solo, ocorrerá a proteção das características que são dependentes da estrutura, preservando contra erosão e mantendo a água do solo (ZOTARELLI et al., 2012).

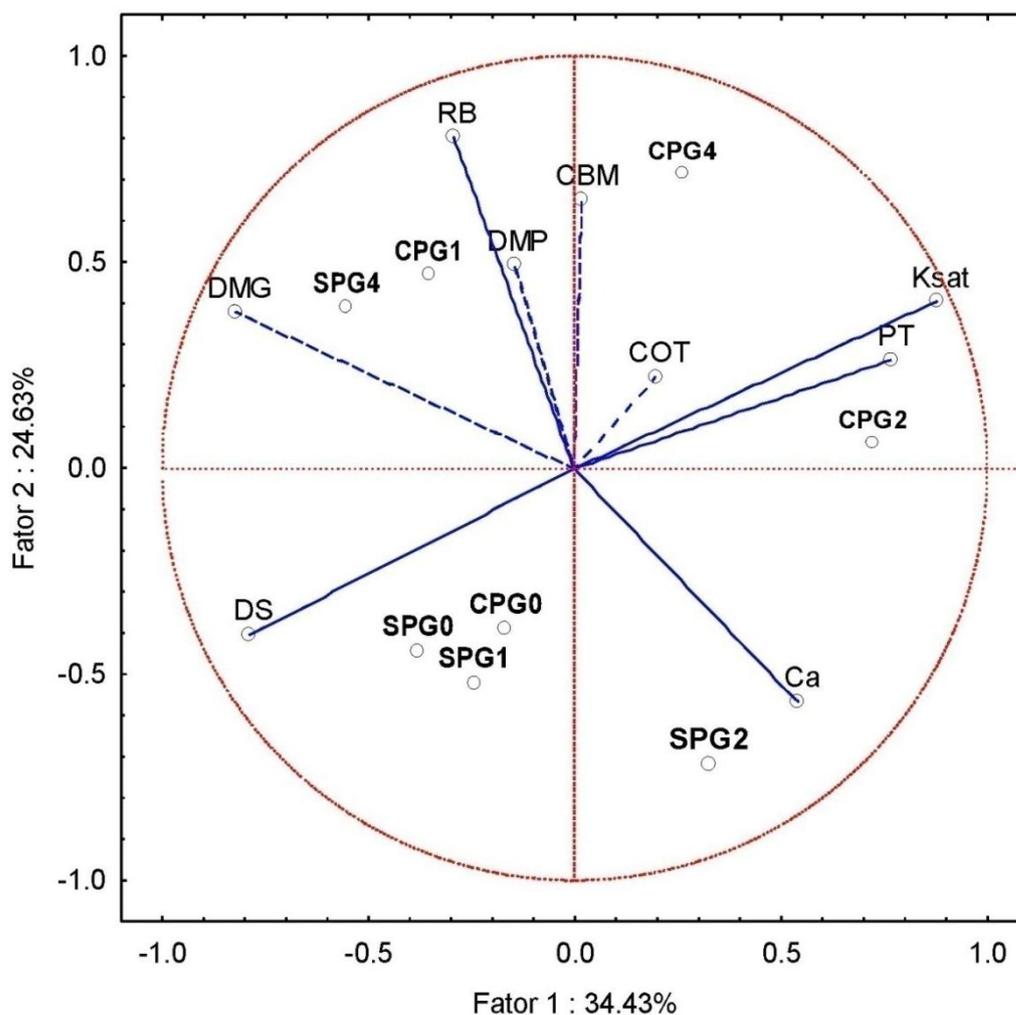


Figura 8. Componentes principais de distribuição de atributos físicos, químicos e microbiológicos associados aos diferentes tratamentos antes da queima da cana avaliados na camada de 0,10-0,20 cm.

Tabela 7: Matriz de correlação entre os tratamentos realizados na primeira coleta (pré-colheita) avaliados na camada de 0,10-10,20 cm.

***Correlações marcadas são significativas a $p < 0, 5000$

Variável	CMB	COT	RBS	DS	PT	Ksat	DMG	DMP	Ca
CBM	1,00	0,07	0,16	-0,37	0,06	0,24	0,12	0,30	-0,38
COT	0,07	1,00	0,34	-0,35	0,00	0,13	-0,33	0,04	0,18
RBS	0,16	0,34	1,00	-0,07	0,00	0,06	0,43	0,48	-0,62
DS	-0,37	-0,35	-0,07	1,00	-0,44	-0,79	-0,02	0,54	-0,23
PT	0,06	0,00	0,00	-0,44	1,00	0,85	0,17	-0,50	0,24
Ksat	0,24	0,13	0,06	-0,79	0,85	1,00	0,07	-0,56	0,19
DMG	0,12	-0,33	0,43	-0,02	0,17	0,07	1,00	0,35	-0,07
DMP	0,30	0,04	0,48	0,54	-0,50	-0,56	0,35	1,00	-0,47
Ca	-0,38	0,18	-0,62	-0,23	0,24	0,19	-0,07	-0,47	1,00

Para os dados que foram analisados na segunda coleta, de acordo com a figura 10, entre os sistemas de preparo do solo avaliados na primeira profundidade, o maior conteúdo de carbono da biomassa microbiana foi observado no tratamento CPG0. Em contrapartida, em trabalhos de Mercante et al. (2008) e Alves et al. (2011), obteve-se tais resultados em áreas que não tiveram o preparo do solo, visto que o incremento de resíduos vegetais no solo, favoreceu a manutenção da umidade e o microclima, conferindo maior estabilidade ao ecossistema.

A respiração basal microbiana não foi influenciada pelo preparo do solo, sendo favorecida na dose de 2t/ha de gesso. É uma situação pouco comum, porém que pode ter ocorrido devido às operações de aração e gradagem do solo que neste caso foram favorável às atividades microbianas. Para o tratamento que não recebeu preparo do solo e foi favorecido pela respiração basal, pode-se dizer que o revolvimento estimula as comunidades microbianas e a fauna do solo a usarem, de forma mais intensiva, a fonte de carbono contido no solo, desta maneira, é provocado um desequilíbrio no processo de decomposição e ciclagem de nutrientes do solo. Por isso, operações de cultivo convencionais resultam em declínio do conteúdo de carbono orgânico da biomassa no solo (LAL, 2002).

O uso do maquinário agrícola possivelmente movimentou os resíduos vegetais no perfil do solo, das camadas superficiais (0-10 cm) para as de maior profundidade, favorecendo a decomposição acelerada dos resíduos vegetais presentes neste ambiente e indicando que a biomassa microbiana foi menos eficiente na utilização dos compostos orgânicos, liberando mais carbono na forma de CO₂ e incorporando menos C aos tecidos microbianos (MERCANTE et al., 2008). Trazendo para o presente estudo, provavelmente, na área em que teve o preparo do solo, ocorreu uma menor eficiência relativa da comunidade microbiana, em decompor os resíduos orgânicos á biomassa, quando comparado com os sistemas que não tiveram preparo do solo.

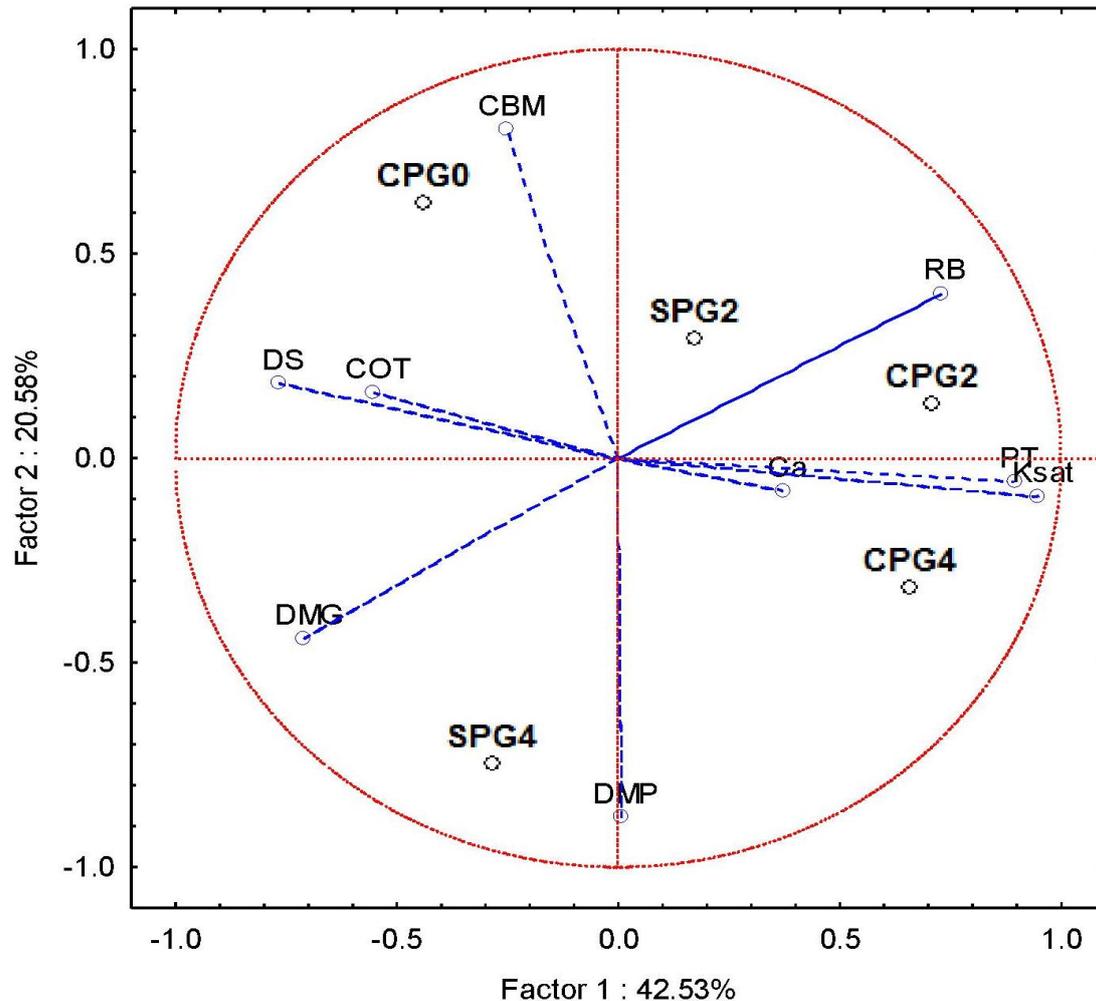


Figura 10. Componentes principais de distribuição de atributos físicos, químicos e microbiológicos associados aos diferentes tratamentos após a queima da cana avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.

De acordo com a análise de agrupamento, resultante da segunda coleta, os sistemas de manejo avaliados não tiveram diferenças significativas. Após a colheita ter sido realizada, as alterações que ocorreram não foram suficientes para que as variáveis fossem alteradas. As alterações que ocorrem no solo podem ser manifestadas a longo ou curto prazo, explicando-se o fato de não ocorrer tais alterações, pois necessitavam de um tempo maior para serem quantificadas Roscoe et al. (2006) . Por outro lado, os sistemas que envolvem preparo do solo, tais como gradagem e subsolagem são potencialmente consideráveis na transformação do solo, o que pode influenciar negativamente ou não as propriedades físicas, químicas e biológicas (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

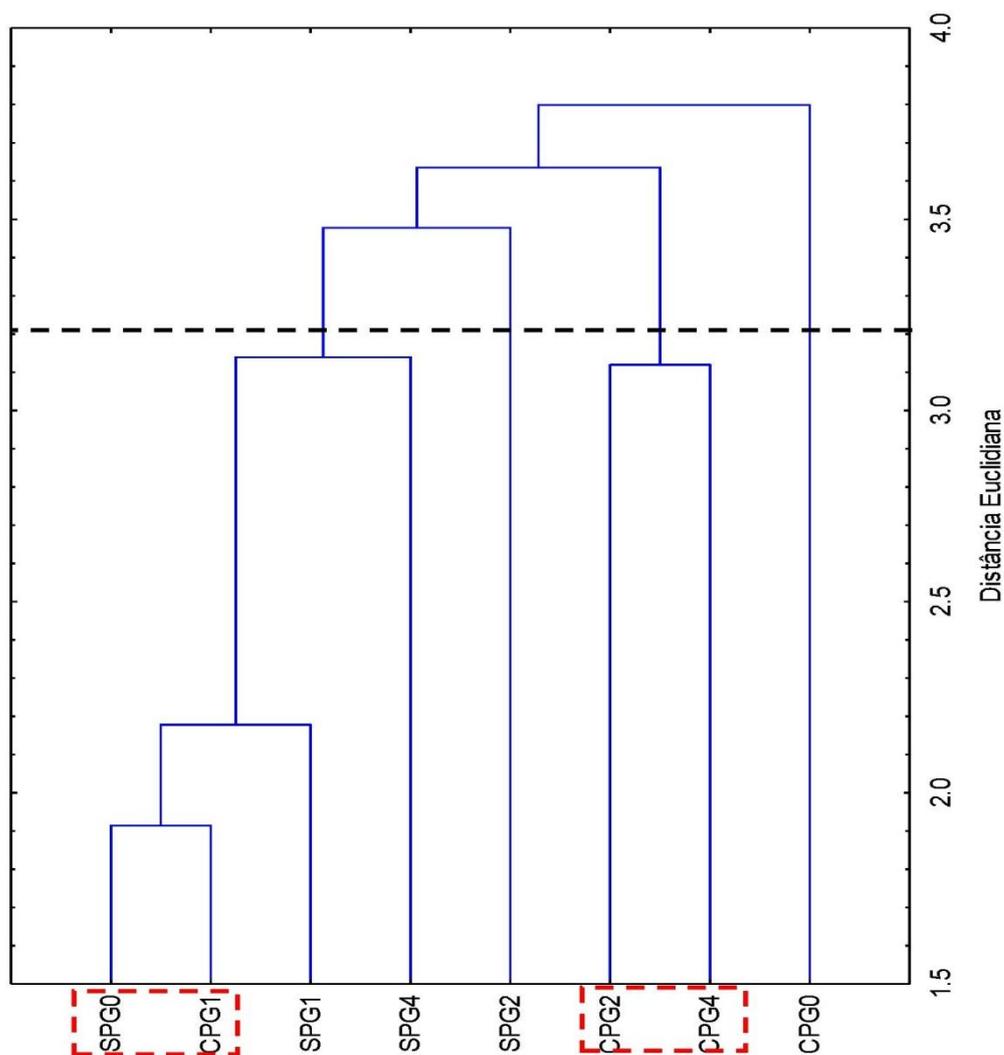


Figura 11. Análise de Cluster das relações entre os diferentes tratamentos após a queima da cana avaliados na camada de 0,00-0,10 cm.

Tabela 8: Matriz de correlação entre os tratamentos realizados na segunda coleta (pós-colheita) avaliados na camada de 0,0-0,10 cm.

***Correlações marcadas são significativas a $p < 0, 5000$

Variável	CMB	COT	RBS	DS	PT	Ksat	DMG	DMP	Ca
CBM	1,00	-0,10	0,08	0,52	-0,12	-0,22	-0,57	-0,04	-0,35
COT	-0,10	1,00	-0,19	0,16	-0,74	-0,68	-0,17	-0,00	-0,04
RBS	0,08	-0,19	1,00	-0,45	0,68	0,58	-0,24	-0,63	0,06
DS	0,52	0,16	-0,45	1,00	-0,44	-0,79	-0,02	0,54	-0,23
PT	-0,12	-0,74	0,68	-0,44	1,00	0,85	0,17	-0,50	0,24
Ksat	-0,22	-0,68	0,58	-0,79	0,85	1,00	0,07	-0,56	0,19
DMG	-0,57	-0,17	-0,24	-0,02	0,17	0,07	1,00	0,35	-0,07
DMP	-0,04	-0,00	-0,63	0,54	-0,50	-0,56	0,35	1,00	-0,47
Ca	-0,35	-0,04	0,06	-0,23	0,24	0,19	-0,07	-0,47	1,00

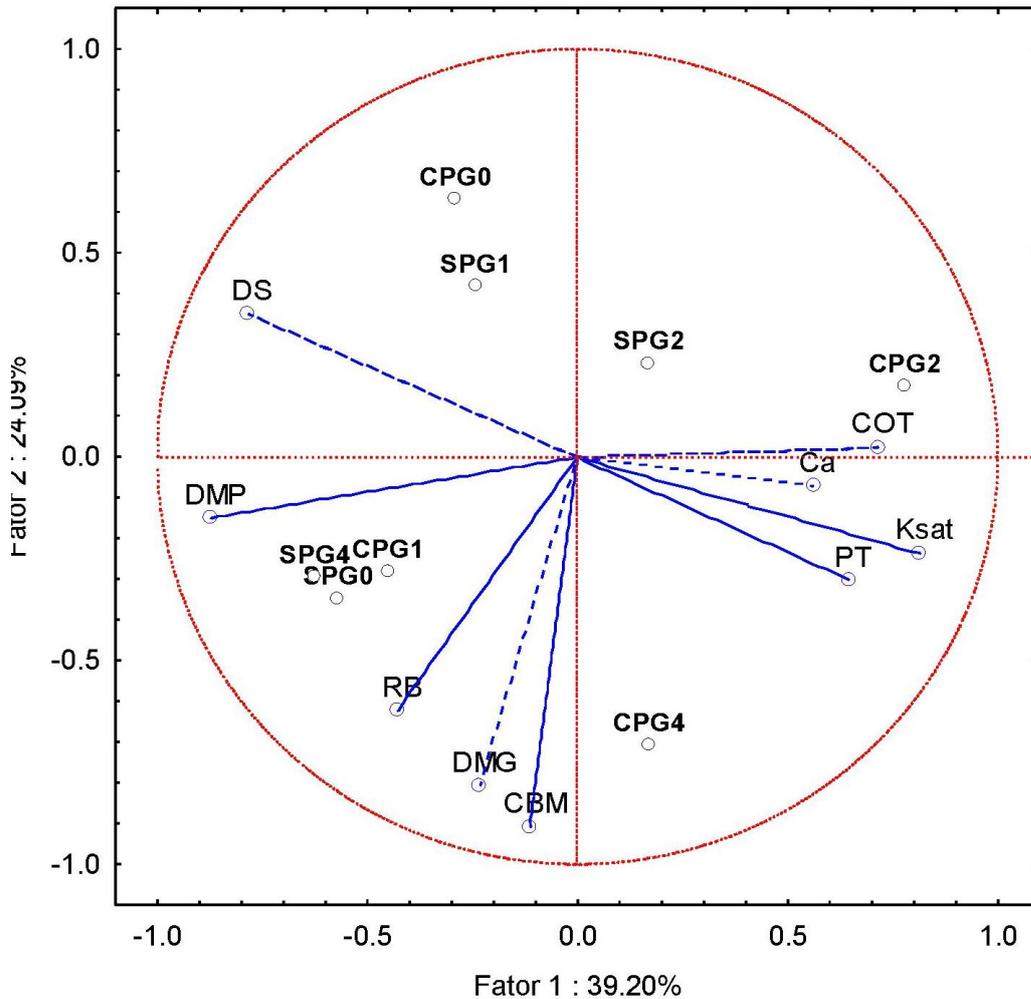


Figura 12. Componentes principais de distribuição de atributos físicos, químicos e microbiológicos associados aos diferentes tratamentos após a queima da cana avaliados na camada de 0,10-0,20 cm.

Conforme a figura 12, o tratamento SPG4 e CPG0, na segunda etapa de avaliação, agruparam com a maioria dos parâmetros biológicos relacionados à biomassa microbiana do solo, demonstrando ser um ambiente favorável à manutenção de comunidades biológicas. Os resultados apresentados são contrastados por dois tratamentos inversos, que consiste na menor e maior dose de gesso, e no preparo ou não do solo, para isso, pode-se explicar que pela dinâmica dos atributos biológicos do solo, a maior diversidade de processos que ocorrem no ecossistema, possa tender à um maior ou menor desequilíbrio no solo. Ainda assim, LISBOA et al., (2012) apresenta que a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo e o não revolvimento do solo proporcionam melhores condições à atividade biológica do solo.

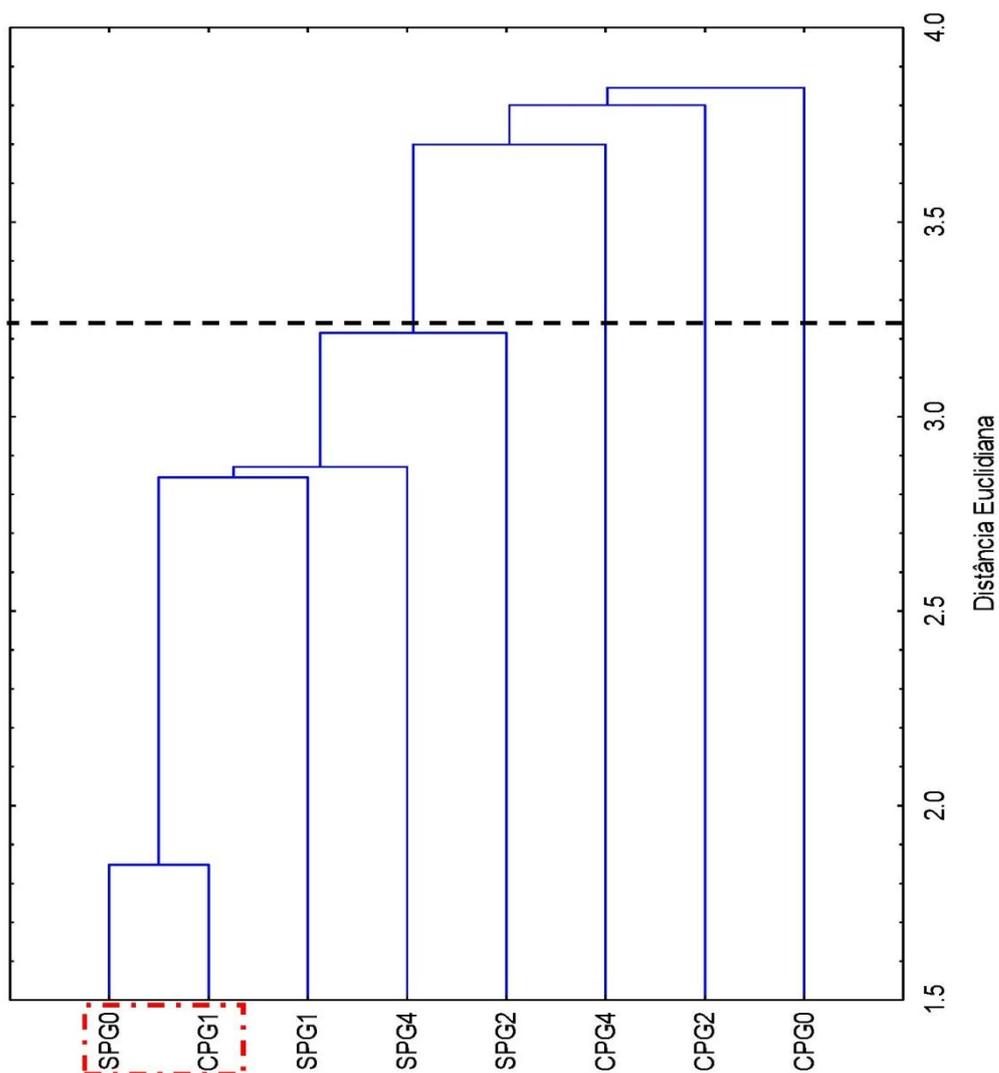


Figura 13. Análise de Cluster das relações entre os diferentes tratamentos após a queima da cana avaliados na camada de 0,10-0,20 cm.

Na análise de grupamentos, conforme o período de análise (figura 13) não houve similaridade entre tratamentos, porém, o único grupo formado se assemelha ao resultado encontrado na primeira coleta, deste modo, os processos que foram feitos no solo em diferentes épocas, alterou a similaridade anteriormente ocorrida nos tratamentos, enfatizando que o uso de implementos agrícolas na cultura da cana-de-açúcar influencia a dinâmica do solo, podendo alterar suas propriedades.

Tabela 9: Matriz de correlação entre os tratamentos realizados na segunda coleta (pós-colheita) avaliados na camada de 0,10-10,20 cm.

***Correlações marcadas são significativas a $p < 0, 5000$

Variável	CMB	COT	RBS	DS	PT	Ksat	DMG	DMP	Ca
CBM	1,00	0,15	0,64	-0,20	0,01	-0,07	0,70	0,20	0,22
COT	0,15	1,00	-0,22	-0,64	0,01	0,27	-0,31	-0,70	0,59
RBS	0,64	-0,22	1,00	0,05	-0,14	-0,28	0,29	0,32	-0,27
DS	-0,20	-0,64	0,05	1,00	-0,44	-0,79	-0,02	0,54	-0,23
PT	0,01	0,01	-0,14	-0,44	1,00	0,85	0,17	-0,50	0,24
Ksat	-0,07	0,27	-0,28	-0,79	0,85	1,00	0,07	-0,56	0,19
DMG	0,70	-0,31	0,29	-0,02	0,17	0,07	1,00	0,35	-0,07
DMP	0,20	-0,70	0,32	0,54	-0,50	-0,56	0,35	1,00	-0,47
Ca	0,22	0,59	-0,27	-0,23	0,24	0,19	-0,07	-0,47	1,00

Diante dos dados expostos, pode-se inferir que sistemas sem preparo do solo em cultivo da cana-de-açúcar favorecem o equilíbrio dinâmico da biomassa microbiana do solo e, conseqüentemente, a conservação deste agrossistema. Por outro lado, o uso de equipamentos como grades e subsoladores reduzem atividade microbológica do solo.

4 CONCLUSÕES

Por responder às alterações causadas pelos diferentes sistemas de preparo do solo no cultivo da cana-de-açúcar, a biomassa microbiana pode ser considerada como um potencial indicador para avaliação da qualidade do solo.

Os atributos físicos foram menos sensíveis na detecção de mudanças na qualidade do solo cultivado.

Os atributos químicos analisados auxiliaram na avaliação do efeito do gesso no solo, visto que sua atividade influenciou demais atributos do solo.

As doses crescentes de gesso e profundidades de coletas exerceram influência nos atributos biológicos do solo, gerando ambiente favorável para a atividade microbiana.

O sistema que não usou o preparo do solo em sequeiro no plantio da cana-de-açúcar favorece a manutenção da comunidade de microrganismos do solo, em comparação aos sistemas que empregam arações e gradagens.

Os sistemas de preparo do solo para o cultivo de cana-de-açúcar interferiram, em geral, nos parâmetros biológicos do solo, como o carbono da biomassa microbiana (C-BMS), a respiração basal (C-CO²).

A análise de componentes principais e seus agrupamentos discriminaram grupos de maior similaridade, identificando suas relações e efeitos nos atributos e qualidade do solo.

O uso do gesso agrícola em diferentes doses, e os tipos de preparo do solo gerou um aumento na atividade da microbiota do solo, pelo incremento dos conteúdos de carbono contido na biomassa microbiana e carbono orgânico total.

De maneira geral, interações entre atributos físicos e biológicos do solo foram evidenciadas de acordo com os tratamentos analisados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos resultados indicarem uma melhoria nos atributos do solo, e conseqüentemente na qualidade do mesmo, mais pesquisas com essa abordagem devem ser feitas, com o objetivo de indicar qual melhor dose de gesso é apropriada para o maior pico de desenvolvimento do sistema radicular da planta. E para que a partir de então, a aplicação do gesso influencie diretamente na produtividade da cultura da cana-de-açúcar.

Diante dos diferentes sistemas de manejo adotados, o método que não fez uso intenso do maquinário agrícola, conseguir preservar de melhor maneira os atributos físicos do solo, conferindo uma melhor manutenção em seus agregados e melhor distribuição de seus poros ao longo do perfil, uma vez que a compactação influencia a porosidade do solo.

Tais métodos de preparo do solo, juntamente com a gessagem, influenciam características físicas e biológicas do solo, tendo os melhores valores observados em tratamentos que mantiveram ao máximo a preservação destes atributos.

Em relação aos sistemas de manejo do solo ocorreram poucas variações nos atributos químicos. O uso do gesso proporcionou melhores condições na disponibilidade de nutrientes em perfil do solo independentemente do manejo de solo empregado.

De modo geral, é necessário ainda que se faça um estudo mais aprofundado sobre demais variáveis que possa influenciar a qualidade do solo, visto que é um fator de grande abordagem.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUEQUE, M. A. **Estabilidade em análise de agrupamento. 2005. 64 f. Dissertação** (Mestrado em Biometria) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L.P.; KUNTZE, M.A.G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para a cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.415-424, 2005.

ALCORDO, I. S.; RECHCIGL, J. E. Phosphogypsum in agriculture: a review. **Advances in Agronomy**, v.118, p.49-55, 1993.

ALMEIDA, B. G. **Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo**. Tese Doutorado. São Paulo: ESALQ/USP. 2008. 105 p.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; NICOLAU, E. N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum**, v.33, p. 341-347, 2011.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p.393-395, 1993.

ANDRADE, J.B. de; FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R.A.; OTSUK, I.P.; ZIMBACK, L; LANDELL, M.G. de A. Seleção de 39 variedades de cana-de-açúcar para a alimentação animal. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.40, p.287-296, 2003.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.411-418, 2009.

AQUINO, R. E.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; OLIVEIRA, I. A.; FRANCISCON, U.; SILVA, D. M. P.; CUNHA, J. M. Chemical soil attributes evaluated by multivariate techniques and geostatistics in the area with agroforestry and sugarcane in Humaitá, AM, Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.32, n.1, p.61-72, Jan./Feb. 2016.

ARAÚJO FILHO, J.C.; BURGOS, N.; LOPES, O.F.; SILVA, F.H.B.B.; MEDEIROS, L.A.R.; MELO FILHO, H.F.R.; PARAHYBA, R.B.V.; CAVALCANTI, A.C.; OLIVEIRA NETO, M.B.; RODRIGUES E SILVA, F.B.; LEITE, A.P.; SANTOS, J.C.P.; SOUSA NETO, N.C.; SILVA, A.B.; LUZ, L.R.Q.P.; LIMA, P.C.; REIS, R.M.G. & BARROS, A.H.C. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 378p. (Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa,

11).

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. Uberlândia. Bioscience Journal, v.23(3), p. 66-75, 2007.

Araújo, R.; Goedert, W. J.; Lacerda, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1099-1108, 2007.

ARAÚJO, A. S. F. & MELO, W. J. Soil microbial biomass in organic farming system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, p.2419-2426, 2010.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L.; Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L.; Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.425-435, 2005.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo de sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.

BASTIDA, F.; ZSOLNAY, A.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C. Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. **Geoderma**, v.147, p.159–171, 2008.

BAUHUS, J. et al. The effect of fire on carbon and nitrogen mineralization and nitrification in an Australian forest soils. **Australian Journal of Soil Research**, v. 31, p. 621 - 639, 1993.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, p. 7-16, 2008.

BECHARA, F. C. Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Piracicaba, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2006. 248 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**.

7.ed. atual. eampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005. 611p.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas à do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, n.1, p.155-163 jan./fev. 2004.

BOECHAT, C. L.; et al. Industrial and urban organic wastes increase soil microbial activity and biomass. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1629-1636, 2012.

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M.A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p.1-9, jan-mar, 2013.

BROOKES, D. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, p.269-279, 1995.

CARDOSO, M. O. Revisão Bibliográfica: Métodos para quantificação da biomassa microbiana do solo. **Agropecuária Técnica**, v.25(1), 2004.

CARDOSO, E.V.; Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da nhecolândia, pantanal sul Mato-grossense. 154 p. **Tese (Doutorado em Ciência do Solo)** – Universidade Federal de Lavras, 2008.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZAVEDO, W.R.; Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147-157, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; RADIN, B. Variabilidade temporal e espacial da precisão das estimativas de elementos meteorológicos no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural Santa Maria**, v.39(4), p. 962-970, 2009.

CARVALHO, J.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.P. Produtividade de cana soca sem queima em função do uso de gesso e vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p.1-9, 2013.

CAVENAGE, A.; MORES, K.L.T.; ALVES, M.C.; CARVALHO, M.A.C; FREITAS, M.L.M; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, n.4, p.997-1003, 1999.

CLIMATE-Data.Org. Disponível em: < <http://pt.climate-data.org/location/42702/>>. Acesso em: 20 de maio de 2016.

CLIMATEMPO. Disponível em: < <http://www.climatempo.com.br/previsao->

dotempo/cidade/2086/carpina-pe>. Acesso em: 20 de maio de 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: Cana-de-açúcar**. Terceiro levantamento: dezembro de 2015. Brasília: Conab, 2015. v.2-Safra 2015/16, n.3, 65p.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, p.777-788, set./out. 2005.

CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.203-209, 2002.

CORRÊA, J. C.; SHARMA, R. D. Produtividade do algodoeiro herbáceo em plantio direto no Cerrado com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.41-46, 2004.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.305- 314, 2009.

COSTA, F. S.; et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistema de manejo no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

COSTA, M. C. G. Soil and crop responses to lime and fertilizers in a fire-free land use system for smallholdings in the northern Brazilian Amazon. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.121, p.27–37, 2012.

CRUZ, A.C.R.; PAULETO, E.A.; FLORES, C.A.; SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.6, p.1105-1112,dez. 2003.

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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.56–63, 2012.

D'ANDRÉA, A.F. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no sul de Goiás. 2001. 106 p. **Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)** - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Dane JH, Hopmans JW (2002) Pressure plate extractor. In: Dane JH, Topp EC (eds) *Methods of soil analysis part 4: physical methods*, SSSA Book Ser. 5, SSSA, Madison, WI, pp 688–690.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J. L. da C.; FARIAS, C.H. de A.; AZEVEDO,

H.M.; AZEVEDO, C.A.V. de. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.283-288, 2006.

DANTAS, J. N.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E.S.; ASSIS, C.P.; Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.1, p.18–26, 2012.

DEXTER, A.R. & KROESBERGEN, B. Methodology for determination of t ensil strength of soil aggregates. **Journal Agricultural Engineering Research**, v.31, p.139- 147, 1985.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defning and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). Defning soil quality for a sustainable environment. Madison, Wisconsin: **Soil Science Society American Journal**, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).

EMBRAPA. Manual de m etodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, p. 212, 1997.

EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - IPA. **Proposta para um programa de desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Pernambuco** (Versão revista e ampliada). Recife, 2005. 76p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2003. World Agriculture towards 2015/2030. FAO/Earthscan. Rome, Italy. <<http://www.fao.org/docrep/004/Y3557E/Y3557E00.HTM>. 14 Ago. 2009>.

FERNÁNDEZ-CIRELLI, A.; ARUM , J. L.; RIVERA, D.; BOOCHS, P. W. Environmental effects of irrigation in arid and semi-arid regions. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.69, p.27- 40, 2009.

FERREIRA, D. F. Estatística multivariada. 1 ed. Lavras: Editora UFLA, 2008, 662p.

FERREIRA, E. P. B.; SANTOS, H. P.; COSTA, J. R.; De-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage managements. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.177-183, 2010.

FERREIRA, A. O.; S , J.C.M.; HARMS, M.G.; MIARA, S.; BRIEDIS, C.; QUADROS NETTO, C.; SANTOS, J.B.; CANALLI, L.B.S; DIAS, C.T.S. Rela o de estratifica o como indicador do sequestro de carbono em macroagregados de Latossolo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.4, p.645 652, 2012.

Fialho, J. S.; Gomes, V. F. F.; Oliveira, T. S. de; Silva Júnior, J. M. T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegeta o natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.250-257, 2006.

FLINT, A. L.; FLINT, L.E. Particle density. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). **Methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society of America.** pt. 4, 2002, p.229-240.

FOTH, H. D. **Fundamentals of soil science**, 8a.Edição. Michigan-USA.Ed. WILEY, 1990,382 p.

FRANCHINI, J. C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.92, p.18-29, 2007.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Londrina: **Embrapa Soja**, 2011. 52 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

FRANZLUEBBERS, A. J.; HONS, F. M.; ZUBERER, D. A. Seasonal changes in soil microbial biomass and mineralizable c and n in wheat management systems. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.26, p.1469-1475, 1994.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrárias**, v.57, n.3, p.224-233, jul./set. 2014.

FRIGHETTO RTS; VALARINI PJ. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, p. 198, 2000. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21).

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.29, n.6, p.893-901, nov./dez. 2005.

GASPAR, L. *O Nordeste do Brasil*. **Pesquisa Escolar Online**, Fundação Joaquim Nabuco – Recife. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 14 de junho de 2016.

GEE, G.W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H. & TOPP, G.C., eds. **Methods of soil analysis**. Physical methods. Madison, Soil Science Society of America Journal, Madison, Part 4. 2002, p.255-293.

GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S.; MANGABEIRA, J. A. C. Estudo da sustentabilidade agrícola em município amazônico com análise envoltória de dados. **Pesquisa Operacional**, v.29, p.23-42, 2009.

GRISI, B.M. & GRAY, T.R.G. Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta à adição de glicose e conteúdo de ATP para estimar a

biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.109-115, 1986.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. **Bulk density and linear extensibility**. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Soil Science Society of America Journal, Madison: pt. 4, 2002, p.201-225.

GUEDES, E. M. S.; Fernandes, A. R.; Lima, H. V.; Serra, A. P.; José Costa, J. R.; Guedes, R. S. Impacts of different management systems on the physical quality of an amazonian oxisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.1269-1277, 2012.

HERNANI, L.C. et al. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.145-154, 1999.

HILL, T.; LEWICKI, P. *Statistics: methods and applications*. A comprehensive reference for science, industry, and data mining. Tulsa; General Linear Models, StatSoft, 2007. chapt. 18, p. 245-276.

IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=260400&search=pernambuco|carpina>>. Acesso em 10 de agosto de 2014.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & DEXTER, A.R. Factors contributing to the tensile strength and friability of Oxisols. **Soil Science Society American Journal**, v.66, p.1656-1661, 2002.

InfoEscola- Navegando e Aprendendo. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/geografia/geografia-de-pernambuco/>>. Acesso em : 20/05/2016.

IPCC- **Intergovernmental Panel on Climate Change**. *Climatic Change 2001: the scientific basis*. HOUGHTON J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN P.J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C.A (Eds). Cambridge University press, Cambridge, 2001. 881 p.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, New York, v. 79, p.9-16, 2000.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B. ; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.118-127, 2008.

KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. IN: DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F., STEWART, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994.

p.53-72. (SSSA Special Publication, 35).

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society American Journal**, v.61, n.1, p.4-10, 1997.

KASCHUK, G. et al. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, v.338, p.467-481, 2011.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. **Aggregate stability and size distribution**. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2. ed. American Society of Agronomy, Madison, Part 1, 1986, p.425-442.

KHAN, S.; TARIQ, R.; YUANLAI, C.; BLACKWELL, J. Can irrigation be sustainable? **Agricultural Water Management**, v.80, p.87- 99, 2006.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, v.116, p.353-362, 2002.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.37-52. (SSSA Special Publication, 35).

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical ecology*. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. 853 p. PMCID:PMC107859.

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

LIMA, R. C. ; MELLO, L. M. M. ; YANO, E. H. ; SILVA, J. O. R. ; CESARIN, A. L. . Modalities for soil preparation and gypsum application in ultisol: stem productivity of sugarcane. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, p.1180-1190, 2013.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.45-55, 2012.

LONGO, R. M.; et al. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. **Bragantia**, v. 70, p.132-138, 2011.

LOPES, A. A. de C. et al. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society American Journal**, New York, v.77, n.2, p.461-472, 2013.

MAIA, C.E.; Qualidade ambiental em solo com diferentes ciclos de cultivo do meloeiro irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.4, p.603-609, abr, 2013.

MANCUSO, M. A.; FLORES, B. A.; ROSA, G. M. SCHROEDER, J. K.;PRETTO, P. R. P. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v.14, n.1, Edição Especial p.2890–2998, fev, 2014.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação - Princípios e Métodos**. 2a.Ed.Viçosa: Editora UFV, 2007, 358p.

MELO, R. M.; BARROS, M. F. C.; SANTOS, P. M.; ROLIM, M. M. Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.376-380, 2008.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, v.12(3), p. 211-220, 2006.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, p.479-485, 2008.

MINGOTI, S. A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: Uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, p.295, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, Brasil Biblioteca Nacional de Agricultura – **BINAGRI**. Programa de ação para o desenvolvimento da Zona da Mata do Nordeste. Recife, 2010. p.157-174.

MOITA NETO, J.M. **Estatística multivariada - Uma visão didática-metodológica. Filosofia da Ciência**. Disponível em: <http://criticanarede.com/cien_estatistica.html>. Acesso em: 14 jun, 2008.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1103-1110, nov. 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2a Edição. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um Latossolo de textura média álico. . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.187- 194, 1992.

NAKATANI, A. S.; SIQUEIRA, J. O.; SOARES C. R. F. S.; LAMBAIS, M. R.. Comunidades microbianas, atividade enzimática e fungos micorrízicos em solo

rizosférico de “landfarming” de resíduos petroquímicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1501-1512, 2008.

NETO, M. M. J. **Estatística multivariada**. *Revista de Filosofia e Ensino*. 9 maio 2004. Disponível em: http://www.criticanarede.com/cien_estatistica.html. Acesso em: 9 maio, 2004.

NEVES, C.M.N.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; CARDOSO, E.L.; MACEDO, R.L.G.; FERREIRA, M.M.; SOUZA, F.S. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.74, p.45-53, jun. 2007.

NISHIMURA, T.; YAMAMOTO, T.; SUZUKI, S.; KATO, M. Effect of Gypsum and Polyacrylamide Application on Erodibility of an Acid Kunigami Mahji Soil. **Soil Science & Plant Nutrition**, v.51, p.641-644, 2005.

OLIVEIRA, E.C.A.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, A.C.; SIMÕES NETO, D.E.; ROCHA, A.T.; CARVALHO, L.A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.617-625, 2011.

OLIVEIRA, A.L.M.; COSTA, K.R.; FERREIRA, D.C.; MILANI, K.M.L.; SANTOS, O.J.A.P.; SILVA, M.B.; ZULUAGA, M.Y.A.; Biodiversity of soil bacteria and its applications for a sustainable agriculture. **Biochemistry and biotechnology reports –BBR**. Jan./jul., v.3, n.1, p.56-77, 2014.

ORIVALDO, A. R. F.; RODRIGUES, R. A. F.; NASCENTE, A. S.; LACERDA, M. C. Gesso aplicado na superfície do solo no desenvolvimento do arroz de terras altas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, N.11, p.1136-1141, 2014.

PARADES-JUNIOR, E. P.; PORTILHO, I. I. R.; CARVALHO, L. A.; MERCANTES, F. M. Atributos microbiológicos em cultivos de cana-de-açúcar sob métodos de preparo do solo. **Revista Ciências Agrárias**, v.57, n.2, p.101-107, abr./jun. 2014.

PARKIN, T. B.; DORAN, J.W.; FRANCO-PVIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.231-245. (SSSA Special Publication, 35).

PAUL, E. A.; HARRIS, D.; COLLINS, H.P.; SCHULTHESS, U.; ROBERTSON, G.P. Evolution of CO₂ and carbon dynamics in biologically managed, row-crop agroecosystems. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.11, p.53-65, 1999.

PERNAMBUCO. Governo do Estado. **Geografia de Pernambuco**. Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/conheca/geografia/>>. Acesso em: 14 de junho 2016.

PÔRTO, M. L.; ALVES, J. C.; DINIZ, A. A.; SOUZA, A. P.; SANTOS, D. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no

Brejo Paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.1011-1017, 2009.

PREVEDELLO, C. L. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba, Saeafs, 1996. 446p.

RAMOS, M.C.; COTS-FOLCH, R.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A. Effects of land terracing on soil properties in the Priorat region in Northeastern Spain: A multivariate analysis. *Geoderma* v.142, (3-4), p.251-261, 2007.

REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; GUBIANI, P. I.; KAISER, D. R.; MINELLA, J. P. G.; REINERT, D. J. Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. v.7, p.1-54, 2011.

REYNOLDS, W. D. & ELRICK, D. E..Constant head well permeameter (vadose zone). In: J. h. DANE & G. C. TOPP, Eds, *Methods of soil analysis, part 4, physical methods*, p. 844-858. **Soil Science Society of America**, Inc., Wisconsin, 2002.

RICE, C.W.; MOORMAN, T.B.; BEARE, M. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.203-215. (SSSA Special Publication, 49).

ROMANO, N.; HOPMANS, J.W. 2002. Suction Table. In: J.H. Dane and G.C. Topp (ed.) *Methods of soil analysis: Part 4-Physical methods*. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI. p.692-698.

ROSA JUNIOR, E.J.; MARTINS, R.M.G.; ROSA, Y.B.C.J.; CREMON, C. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p.37-44, 2007.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Eds.). *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares*. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2006. p.163-198.

ROSS, D. J. Soil microbial biomass estimated by the fumigation-incubation procedure: Seasonal fluctuations and influence of soil moisture content. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.19, p.397-404, 1987.

SANTOS, P. R. **Atributos do solo em função dos diferentes usos em perímetro irrigado do sertão de Pernambuco**. Tese Doutorado. Pernambuco: UFRPE. 2010. 112 p.

SANTOS, N.Z.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; MOLIN, R.; FAVARETTO, N.;

PAULETTI, V.; PIVA, J.T. Forages, cover crops and related shoot and root additions in no-till rotations to C sequestration in a subtropical Ferralsol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.111, n.2, p.208-218, 2011.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBREAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed., Brasília-DF, 353p. Embrapa:2013.

SANTOS, J. N.; PEREIRA, E. D. Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã-MA. **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v.20, n.especial, julho 2013.

SANTOS, K.F.; Determinação de atributos físicos e do carbono orgânico do solo em diferentes tipos de uso da terra no Planalto Sul Catarinense. **Dissertação (mestrado)** – Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de PósGraduação em Ciência do Solo, Lages, 2014.

SCHMIDT, T. M. The maturing of microbial ecology. **International Microbiology**, v.9, p.217-223, 2006.

SERAFIM, M.E. et al. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do alto São Francisco, MG: Um estudo de caso. **Bioscience Journal**, v.27, p.964-977, 2011.

SILVA, F. F.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; ANDRIOLI, F. F.; ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema plantio direto. **Irriga**, v.13, p.191-204, 2008.

SILVA, M. A.; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. L.; GAVA, G. J. C.; KOLLN, O. T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.241-249, 2014.

SILVA, S.; NETO, J.D.; TEODORO, I.; SOUZA, J.L.; LYRA, G. B.; SANTOS, M. A. L. Demanda hídrica da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.849-856, 2015.

SIMÕES NETO, D.E.; OLIVEIRA, A.C.; ROCHA, A.T.; FREIRE, F.J.; FREIRE, M.B.G.S.; NASCIMENTO, C.W.A. Características agroindustriais da cana-de-açúcar em função da adubação fosfatada, em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.347-354, 2012.

SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M.; STOTSKY, G. **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1990. p.357-398.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso de gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1995. 20p. (EMBRAPA-CPAC,

Circular Técnica, 32).

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2005. 19p. Circular Técnica, 32.

SOUZA, A.L. de & SOUZA, D.R. de. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, amazônia oriental. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.30(1), p.49-54, 2006.

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSO, L. R.; ROSA, Y, B. C. J. Atributos físicos e desempenho agrônomo da cultura da soja em um Latossolo Vermelho Distroférico submetido a dois sistemas de manejo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p.1357-1364, 2010.

SPARLING, G.P.; ROSS, D.J. Biochemical methods to estimate soil microbial biomass: current development and applications. In: MULUNGOY, K.; MERCKX, R. (Ed.). *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture*. Leuven: Willey- Sayce, 1993. p.21 -37.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, n.3, p.533-542, maio/jun. 2004.

TAN, K.H. **Principles of soil chemistry**. 3a ed., Athens.Georgy-USA.1998, 556p.

TRANNIN, I.C.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n.5, p.1173-1184, set./out. 2007.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, p.795-801, dez. 2002.

TORMENA, C.A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J.C.; COSTA, A.C.S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, n.6, p.1023-1031, nov./dez. 2004.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J.; PEREIRA, M. G. Alterações dos atributos físicos de um latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavra, v.35, n.3, p.437-445, 2011.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ ,V.V.H.; SCHAEFER,

C.E.G.R.; BARROS, N.F. de; MELLO, J.W.V. de; COSTA, L.M. da. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.195-276.

VAN GENUCHTEN, M.Th. **A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.44, n.5, Sept./Oct. 1980, p. 892-898.

VASCONCELOS, R.F.B.; CANTALICE, J.R.B.; OLIVEIRA, V.S.; COSTA, Y.D.J.; CAVALCANTE, D.M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.309-316, 2010.

VASCONCELOS, R.F.B.; SOUZA, E.R.; CANTALICE, J.R.B.; SILVA, L.S. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.381-386, 2014.

VIANA, E. T. ; BATISTA, M.A.; TORMENA, C.A.; COSTA, A.C.S.; INOUE, T.T.; Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.35, n.6, p.2105-2114, 2011.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. - Santa Maria : UFSM, CCNE, , 2005. 215 p.

WATTS, C.W. & DEXTER, A.R. Soil friability: Theory, measurement and the effects of management and organic carbon content. **Europe Journal Soil Science**, v.49, p.73- 84, 1998.

WYNGAARD, N., ECHEVERRÍA, H. E., ROZAS, H. R. S., DIVITO, G. A. Fertilization and tillage effects on soil properties and maize yield in a Southern Pampas Argiudoll. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.119, p.22-30, 2012.

Yao, R.; Yang, J.; Gao, P.; Zhang, J.; Jin, W. Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area. **Soil & Tillage Research**, v.128, p.137-148, 2013.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.37, p.110-117, 2007.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; FRANCHINI, J.C.; ALVES, B.J.R. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and reserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.132, p.185-195, 2012.