



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**QUALIDADE DO SOLO DE ÁREAS LOCALIZADAS NA  
FAZENDA BOA VISTA NO MUNICÍPIO DE SÃO DOMINGOS - PB**

**RICARDO RICELLI PEREIRA DE ALMEIDA**

**Pombal-PB**

**2014**

**RICARDO RICELLI PEREIRA DE ALMEIDA**

**QUALIDADE DO SOLO DE ÁREAS LOCALIZADAS NA FAZENDA  
BOA VISTA NO MUNICÍPIO DE SÃO DOMINGOS - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal de Campina Grande, como  
requisito para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Ambiental.

Orientador: **Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho**

Co-Orientadora: **Prof<sup>a</sup> Dra. Adriana Silva Lima**

**POMBAL – PB**

**2014**

**RICARDO RICELLI PEREIRA DE ALMEIDA**

**QUALIDADE DO SOLO DE ÁREAS LOCALIZADAS NA FAZENDA  
BOA VISTA NO MUNICÍPIO DE SÃO DOMINGOS - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal de Campina Grande, como  
requisito para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Ambiental.

Aprovado em: 09/04/2014.

BANCA EXAMINADORA:

---

**Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho**  
Orientador - (UFCG – CCTA – UATA)

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Adriana Silva Lima**  
Co-Orientadora - (UFCG – CCTA – UAGRA)

---

**Prof. Dr. Raphael Moreira Beirigo**  
Examinador Interno (UFCG – CCTA – UACTA)

---

**Prof. Alisson Haley dos Santos**  
Examinador Externo - (UFCG – CCJS)

**POMBAL – PB**

**2014**

DEDICO a minha mãe, Eunice Pereira, pelo amor e ensinamentos de vida, pelo incentivo aos estudos e compreensão nos momentos mais difíceis dessa caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, em primeiro lugar pelo dom da vida, e pela oportunidade de aprender novos conhecimentos com a finalidade de melhorar às condições de vida das pessoas que vivem no planeta terra.

À Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal – PB.

Ao Proprietário da Fazenda Boa Vista Sr. Francisco conhecido como Cigano e seu irmão Antônio por autorizar a realização deste trabalho na sua propriedade.

Ao Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho e a Prof<sup>a</sup>. Dra. Adriana Silva Lima pela sua orientação, pelo aprendizado, apoio, amizade, paciência, confiança e incentivo constante em todos os momentos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Professores, Técnicos e Terceirizados do CCTA – UFCG, em especial os da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, pela experiência, sabedoria e conhecimentos transmitidos.

À minha família, em especial minha mãe Eunice, meu pai Baruque e meu irmão Kelson, que sempre estiveram presente com seu amor, atenção e constante incentivo, além de seus próprios exemplos de vida, que por si só me enche de coragem e determinação.

As minhas tias Íris, Izélia, Irani, Socorro, Lúcia, Lulu, Eurides e Rita quero aproveitar a oportunidade para externar minha profunda gratidão e admiração que tenho como espelho em minha vida, sobretudo por ter acreditado no meu potencial.

Aos outros familiares meu padrinho Paulo Félix e amigos que direta ou indiretamente contribuíram com esforços, dedicação e colaboração para realização de mais essa etapa alcançada em minha vida.

Aos meus colegas do Curso de Engenharia Ambiental em especial, Íthalo Carvalho (in memória), Gillianno Fontes, Pedro Hugo, Antônio Mendes e Michel Almeida, pelo compartilhamento de conhecimentos e amizade.

Enfim, a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

# QUALIDADE DO SOLO DE ÁREAS LOCALIZADAS NA FAZENDA BOA VISTA NO MUNICÍPIO DE SÃO DOMINGOS – PB

## RESUMO

A avaliação da qualidade do solo é uma ferramenta para verificar a interferência das práticas de manejo na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. As atividades agrícolas em regiões em áreas áridas e semiáridas, com o uso e o manejo que, ao mesmo tempo em que combatem os limitantes da produção, constituem-se de agentes que alteram os atributos do solo. Para tal, objetivou-se avaliar qualidade do solo de três áreas da Fazenda Boa Vista em São Domingos - PB. Foram avaliadas em três situações de uso do solo: área preservada (AP), uma área em pousio (P) e uma área cultivada com feijão caupi (AC). Nestas áreas foram selecionadas quatro subáreas (repetições) aleatoriamente em esquema em forma de alvo, com dois círculos concêntricos, sendo o menor círculo com diâmetro de um metro e o maior com dois metros, onde foram coletadas cinco amostras simples de solo para obtenção de uma amostra composta, oito amostras compostas por área, sendo três áreas e duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), totalizando 24 amostras. Foram analisados os atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade do solo. Calculou-se o Índice de Deterioração, para os atributos separadamente e em conjunto, por meio dos atributos químicos, físicos e biológicos das áreas manejadas em relação à área preservada. Realizou-se a análise multivariada de componentes principais com 18 variáveis. Houve influência da mudança de manejo sobre os atributos químicos, físicos e biológicos nos solos estudados das áreas cultivada, pousio e preservada. Ocorreu diferenciação nos indicadores químicos, físicos e biológicos entre as áreas (AC, P e AP), para as duas profundidades.

**Palavras-chave:** atributos físicos, químicos e biológicos, respiração edáfica, manejo do solo.

# **QUALITY SOIL AREA LOCATED IN THE MUNICIPALITY FINANCE BOA VISTA OF SÃO DOMINGOS - PB**

## **ABSTRACT**

The assessment of soil quality is a tool to verify the interference of management practices on the sustainability of agricultural systems. Agricultural activities in arid and semiarid areas, with the use and management that, while fighting the limiting of production, are made up of agents that alter their soil attributes. Agricultural activities in arid and semiarid areas, with the use and management that, while fighting the limiting of production, are made up of agents that alter their soil attributes. To this end, we aimed to evaluate soil quality areas of Boa Vista in São Domingos - PB. We assessed three management situations: preserved area (AP), an area fallow (P) and a cultivated with cowpea (CA) area. In those areas selected four subareas (repetitions) scheme randomly shaped target with two concentric circles, with the smallest circle with diameter of one meter and two meters higher, where five single soil samples were collected to obtain a sample comprised eight composite samples per area, three areas and two depths (0-15 cm and 15-30 cm), totaling 24 samples. We analyzed the chemical, physical and biological indicators of soil quality attributes. We calculated the decay index for the attributes separately and jointly, by means of chemical, physical and biological areas managed in relation to the preserved area attributes. We conducted multivariate principal component analysis with 18 variables. We conducted multivariate principal component analysis with 18 variables. Was affected by change management on chemical, physical and biological attributes of the studied soil cultivated, fallow and preserved areas. Differentiation occurred in the chemical, physical and biological indicators among areas (AC, P and AP), for the two depths.

**Key words:** physical attributes, chemical and biological, soil respiration, soil management.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos químicos do solo das áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB.  
.....35
- Tabela 2.** Atributos físicos do solo das áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm). na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB.  
.....36
- Tabela 3.** Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo das áreas preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB.....36

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa com a localização das áreas analisadas na Fazenda Boa Vista....26
- Figura 2:** Áreas onde foram coletadas as amostras de solo.....28
- Figura 3.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos químicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade de 0 a 15 cm.....37
- Figura 4.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos químicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade de 15 a 30 cm.....37
- Figura 5.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos físicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) a profundidade de 0 a 15 cm.....38
- Figura 6.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos físicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade de 15 a 30 cm.....38
- Figura 7.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos biológicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade 0 a 15 cm.....39
- Figura 8.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos biológicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade 0 a 15 cm.....39
- Figura 9.** Índice de deterioração (%) utilizando todos os atributos do solo para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para época seca.....40
- Figura 10.** Índice de deterioração (%) utilizando todos os atributos do solo para áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para época chuvosa.....40
- Figura 11.** Distribuição dos escores das áreas preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB. Relação entre primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.....41
- Figura 12.** Distribuição dos escores dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo das áreas preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB. Relação entre primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.....43

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.  
C – carbono.  
CaCl<sub>2</sub> – Cloreto de Cálcio.  
CBM – Carbono da Biomassa Microbiana.  
C.E – Condutividade Elétrica.  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono.  
CTC – Capacidade de Troca de Cátions.  
COT – Carbono Orgânico Total.  
CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais.  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.  
%I – Índice de Deterioração do Solo.  
IQS – Índice de Qualidade do Solo.  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.  
M – Molar.  
MOS – Matéria Orgânica do Solo.  
N<sub>2</sub> – Nitrogênio.  
NaOH – Hidróxido de Sódio.  
O<sub>2</sub> – Oxigênio.  
pH – Potencial Hidrogeniônico.  
PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios.  
PST – Porcentagem de Sódios Trocáveis.  
SB – Soma das Bases Trocáveis.  
qCO<sub>2</sub> – quociente Microbiano.  
TFSA – Terra Fina Seca ao Ar.  
%V - Porcentagem de Saturação de Bases.

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO .....	1
2.OBJETIVOS .....	4
2.1 Objetivo Geral .....	4
2.2 Objetivos Específicos .....	4
3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
3.1 A Caatinga .....	5
3.2 Sistemas de manejo e uso do solo .....	5
3.3 Pousio .....	6
3.4 Feijão caupi.....	7
3.5 Qualidade do solo .....	8
3.6 Avaliação da qualidade do solo .....	10
3.7 Atributos do solo .....	11
3.7.1 Atributos químicos .....	12
3.7.2 Atributos físicos.....	14
3.7.2.1 Textura do solo .....	17
3.7.2.2 Densidade do solo .....	17
3.7.2.3 Porosidade do solo .....	18
3.7.2.4 Granulometria do Solo .....	18
3.7.2.5 Atributos biológicos .....	19
3.7.2.6 Biomassa microbiana e Respiração edáfica .....	20
3.7.2.8 Indicadores de qualidade do solo .....	21
3.7.2.9 Índices de qualidade do solo (IQS) .....	24
3.7.2.10 Análises multivariadas .....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	27
4.1 Localização e caracterização da área.....	27
4.2 Delineamento experimental .....	28
4.3 Coleta de amostras.....	28
4.4. Procedimento Experimental.....	29
4.4.1 Atributos químicos .....	29
4.4.1.1 pH em CaCl <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> O .....	29
4.4.1.2 Condutividade elétrica.....	29
4.4.1.3 Macronutrientes (P, K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> , H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> , SB, CTC, %V) .....	30
4.4.2 Atributos físicos.....	31
4.4.2.1 Densidade real, densidade aparente e umidade.....	31
4.4.2.2 Umidade do solo .....	32
4.4.2.3 Densidade real (DR) .....	32
4.4.2.4 Densidade aparente (Da).....	33
4.4.2.5 Porosidade (P) .....	33

4.4.3 Atributos biológicos .....	33
4.4.3.1 Respiração edáfica .....	33
4.4.3.2 Matéria orgânica .....	34
4.5 Análises .....	35
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
6.CONCLUSÕES .....	45
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46

## 1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos que permitem explorar os recursos naturais disponíveis trouxeram grandes mudanças no manejo agrícola e, conseqüentemente, muitos benefícios aos seres humanos. Juntamente com essas mudanças surgiram os desequilíbrios ambientais. A utilização inadequada dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, viola os ecossistemas naturais, prejudica ou mesmo destrói suas capacidades de autoregulação, resultando em progressiva diminuição da biodiversidade, aumento da degradação ambiental e redução da qualidade de vida (BECHARA, 2006).

O uso dos recursos naturais tem-se constituído um tema de crescente relevância, em razão de interferências antrópicas (MOREIRA, SIQUEIRA & BRUSSAARD, 2008; RAMOS *et al.*, 2011). A Caatinga é um exemplo de bioma que se encontra ameaçado pelas intensas transformações devido ao superpastejo, a exploração intensa da vegetação, desmatamento, queimada, atividades industriais e a mineração (MENEZES & SAMPAIO, 2002).

A Caatinga ocupa uma área de aproximadamente de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território nacional. Engloba os estados Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (ANDRADE *et al.*, 2005; FREITAS *et al.*, 2007; SAMPAIO *et al.*, 1995). Cerca de 27 milhões de pessoas vivem na região, a maioria carente e dependente dos recursos do bioma para sobreviver (FAO, 2013).

A Caatinga tem um imenso potencial para a conservação de serviços ambientais, uso sustentável e bioprospecção que, se bem explorado, será decisivo para o desenvolvimento da região e do país. Frente ao avançado desmatamento que chega a 46% da área do bioma, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013), o governo busca concretizar uma agenda de criação de mais unidades de conservação federais e estaduais no bioma, além de promover alternativas para o uso sustentável da sua biodiversidade. A biodiversidade da Caatinga ampara diversas atividades econômicas voltadas para fins agrossilvopastoris e industriais, especialmente nos ramos farmacêutico, de cosméticos, químico e de alimentos (MMA, 2013).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2009), em 34 anos, a população brasileira dobrou em relação aos 90 milhões de habitantes da década de 1970 e, somente entre 2000 e 2004, aumentou em 10 milhões de pessoas. Em 2050, seremos aproximadamente 260 milhões de brasileiros. Essas projeções reacquecem as discussões sobre o aumento da população e seus efeitos sobre o meio ambiente. A máxima produtividade biológica natural não atende à demanda de alimentos, sendo necessária a inserção de tecnologias para garantir produtividades desejáveis. Contudo, os cultivos agrícolas e a pecuária são atividades que promovem o desmatamento e, a menos que o sistema produtivo inclua ações de sustentabilidade, o uso intensivo dos recursos não renováveis resultará em degradação de extensas áreas de terras produtivas.

O Nordeste brasileiro abrange uma região semiárida cujas características edafoclimáticas incluem solos rasos, regime pluviométrico anual irregular e uma elevada evapotranspiração, elementos ambientais que, entre outros fatores, dificultam a manutenção de uma atividade agrícola sustentável e o desenvolvimento local. Deste modo, a grande demanda de ações que viabilizem a expansão das fronteiras agrícolas no ecossistema Caatinga tornou o suprimento extra de água uma ferramenta agrícola de grande interesse. No entanto, o conhecimento do impacto da irrigação em zonas semiáridas é ainda incipiente, sendo necessárias investigações mais refinadas sobre o uso da irrigação e quais as mudanças ambientais geradas pela inclusão de tais áreas no processo produtivo (FRANCA-ROCHA *et al.*,2007).

A inclusão de áreas na atividade agrícola na região semiárida do Nordeste brasileiro por meio da irrigação deve assegurar a sustentabilidade ambiental, sem a qual não haverá viabilidade econômica do empreendimento. A sustentabilidade de um perímetro irrigado está condicionada, entre outros aspectos, à manutenção da produtividade dos solos, que dentro dos sistemas de produção sofrem modificações nos seus atributos biológicos, físicos e químicos pela aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas, tráfego de máquinas e alteração do regime hídrico nas bacias hidrográficas (CORRÊA, 2007).

Em função dos usos, diferentes manejos são aplicados aos solos, os quais modificam seus atributos de maneira diferenciada melhorando algumas

propriedades e degradando outras. O conhecimento das alterações sofridas pelos solos pode indicar o que deverá ser melhorado para que se mantenham produtivos. Por outro lado, a investigação de atributos dos solos em perímetros irrigados, em operação, trará informações importantes sobre a qualidade do solo e sua capacidade produtiva, modificada de acordo com o uso, subsidiando a implantação de novos perímetros e o manejo do solo em perímetros em atividade.

Neste sentido, indicadores de qualidade do solo são atributos mensuráveis que influenciam sua capacidade para desempenhar funções de produção agrícola e ambiental e que são sensíveis às mudanças no uso da terra, práticas de manejo e de conservação do solo (BREJDA *et al.*, 2000). Tais mudanças podem afetar não só os atributos físicos e químicos, como afetam os atributos biológicos do solo pelo manejo não conservacionista, e de tal forma estes podem constituir indicadores sensíveis de qualidade para a detecção imediata de sistemas de manejo que estejam causando impactos negativos no solo, visto que combinações de diferentes atributos são necessárias (BROOKES, 1995; PEIXOTO, 2010).

Dessa forma, estudos que analisam os efeitos causados pelos processos naturais e pela ação antrópica sobre os atributos do solo constituem importantes ferramentas para avaliações ou previsões sobre os impactos ambientais, servindo como subsídios para a implementação de práticas agrônômicas que promovam a manutenção e, ou, a melhoria da qualidade dos solos (LONGO *et al.*, 1999, ARAÚJO FILHO & BARBOSA, 2000; MENEZES *et al.*, 2005; GALINDO *et al.*, 2008; MARTINS, *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011 ).

Contudo, considerando que o solo é um sistema complexo e dinâmico torna-se necessária uma integração dos dados obtidos, dentro de uma abordagem sistêmica. Algumas tentativas nessa direção têm sido realizadas utilizando índices e diagramas que integram os resultados quantitativamente e graficamente (TÓTOLA & CHAER, 2002). Diante do exposto na região de São Domingos - PB há cultivos de lavoura de feijão e pastagem, com manejo convencional do solo e Pousio. A comparação desses usos entre si e com a área nativa poderá fornecer subsídios para a compreensão dos processos de degradação do solo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Esse estudo visa realizar um diagnóstico ambiental da qualidade do solo de áreas da Fazenda Boa Vista, localizada no município de São Domingos – PB, que fica nas margens do Rio do Peixe, por meio da avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos de solos de três diferentes áreas em duas profundidades.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinação e avaliação dos atributos físicos: densidade real, densidade aparente, umidade do solo e porosidade;
- Determinação e avaliação dos atributos químicos: condutividade elétrica, pH e os macronutrientes (P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, SB, CTC, %V);
- Determinação e avaliação dos atributos biológicos: Respirometria/Evolução de C – CO<sub>2</sub> e Matéria orgânica;
- Relacionar o comportamento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo das áreas estudadas por meio de índice de qualidade do solo e comparações múltiplas.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 A Caatinga**

A Caatinga do Tupi-Guarani significa “mata branca” é o tipo de vegetação predominante no semiárido nordestino. Trata-se de um tipo de vegetação arborescente e xerófila, espinhenta, com características gerais de árvores e arbustos, com presença de plantas suculentas do tipo cactáceas e euforbiáceas; presença de bromeliáceas terrestres coriáceas e espinhentas, de fisionomia e florística variada (AB’ SÁBER, 2006).

No bioma Caatinga a retirada da vegetação natural aliada a baixo porte dos seus indivíduos remanescentes, longos períodos de estiagem e curtos períodos de chuva intensa, solos rasos e propensos à erosão hídrica e outros agentes erosivos que provoca acentuada degradação, deixando-o descoberto e exposto por mais tempo à ação dos agentes climáticos, reduzindo, conseqüentemente, seu potencial produtivo, causando danos muitas vezes irreversíveis ao meio (FRAGA & SALCEDO, 2004; MENEZES *et al.*, 2005).

As conseqüências destes processos têm sido a queda de produtividade, a menor disponibilidade de água, a menor capacidade de suportar, maiores períodos de seca, a queda da fertilidade natural dos solos e principalmente a perda da biodiversidade (SANTANA *et al.*, 2009).

#### **3.2 Sistemas de manejo e uso do solo**

Manejo do solo consiste num conjunto de operações realizadas com finalidade de propiciar condições favoráveis à sementeira, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, e que inclui operações de cultivo, práticas culturais, práticas de correção e fertilização, dentre outras (EMBRAPA, 2003). Acrescentam que apesar de consistir de técnicas de que visam manter a capacidade produtiva do sistema, o balanço de nutrientes e o suprimento de água aos componentes, quando é realizado de forma inadequada e intensiva pode ocasionar um estado de degradação que, caso seja reversível, requer muito mais tempo e recurso para sua recuperação (FIALHO *et al.*, 2006).

Manejos convencionais que promovem desmatamento, cultivo intensivo do solo com uso excessivo de arados e grades no preparo do solo,

especialmente a grade aradora, que diminui a estabilidade dos agregados, causam degradação pela ação da erosão (ALCÂNTARA & MADEIRA, 2008; SILVA *et al.*, 2000).

No entanto, felizmente, a preocupação com a conservação do solo tem crescido na produção convencional e, por isso, a utilização de práticas do sistema conservacionista vem ganhando espaço (ALCÂNTARA & MADEIRA, 2008). Trabalhos relatam que no sistema conservacionista utiliza-se a sucessão, rotação de culturas, o cultivo mínimo, o plantio direto e outras práticas (ALOVISI *et al.*, 2007, BALOTA *et al.*, 1998; LOURENTE *et al.*, 2011).

### **3.3 Pousio**

Outro sistema de uso da terra utilizado é o pousio, que se refere ao descanso ou repouso proporcionado às terras cultivadas, com a principal finalidade de recuperar a fertilidade do solo.

Além desta finalidade, a prática de pousio pode ser utilizada para o acúmulo da biomassa vegetal, proporcionando maior disponibilidade de nutrientes para atender à demanda nutricional das culturas agrícolas subsequentes, devido à decomposição da matéria orgânica (SCHROTH & LEHMANN, 2003; VASCONCELOS *et al.*, 2012), permitem não somente a regeneração gradual do solo, como o desenvolvimento da sucessão ecológica espontânea que em sua maioria são de vegetação de capoeira (MAGALHÃES & FREITAS, 2004); na supressividade dos solos aos patógenos (GHINI & ZARONI, 2001), e no controle de plantas daninhas, pois reduz o banco de sementes total, principalmente quando se utiliza a técnica de pousio associada com rotação de culturas (ANDRES *et al.* 2001).

O manejo de pousio é visto como um sistema agroflorestal (LANDI & DUBOIS, 2004) e utilizado há muito tempo (OLIVEIRA, 1999). Silva (2005) define pousio como forma de agricultura marcada pela rotação de pequenas áreas de cultivos (3 a 5 ha), períodos curtos (2 a 4 anos), alternados com longos períodos de descanso (10 a 12 anos).

Nesse sentido, Landi & Dubois (2004) afirmam que a diminuição do tempo de pousio acelera o processo de degradação dos solos cultivados, além de forçar a abertura de novas áreas com remanescentes de florestas nativas.

Quanto a duração do tempo de pousio, Correia *et al.* (2007) apontam que o mesmo tem influência na sustentabilidade ambiental e na viabilidade econômica deste sistema, pois período muito curto conduz em uma degradação local acelerada, no entanto, se for muito longo, inviabiliza sua adoção por conta da elevada área demandada e ao aumento de custos referentes à limpeza do terreno.

Nesse sentido Nunes *et al.*, 2006, trabalhando com o pousio em áreas que foram queimadas na Caatinga observaram que o período que promoveu melhor restauração foi a área que ficou em pousio durante cinco anos.

### **3.4 Feijão caupi**

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], também conhecido como feijão macassar ou feijão-de-corda, é uma espécie de ampla distribuição mundial, mas é principalmente nas regiões tropicais, em virtude de estas apresentarem condições edafoclimáticas semelhantes às do seu provável berço de origem: a África (BRITO *et al.* 2009). Segundo levantamento da CONAB (2012), a produção brasileira de feijão na safra 2011/2012 foi de 2.906,5 milhões de toneladas, o que manteve o País como o maior produtor mundial do grão. A região Nordeste possui a maior área plantada do país, com 1.506.900 ha, mas apenas a quarta maior produção, cerca de 296,5 mil toneladas, e baixa produtividade, quando comparada com as de outras regiões, 1.749kg ha<sup>-1</sup> foi a média de produtividade da região Centro Oeste, contra 196 kg ha<sup>-1</sup> no Nordeste (CONAB, 2012). No estado da Paraíba, o feijão-caupi é cultivado em quase todas as microrregiões por pequenos agricultores do Agreste e Sertão. O estado também possui uma baixa produtividade com índices variando de 300 a 700 kg ha<sup>-1</sup>.

É uma espécie rústica bem adaptada às condições de clima e solo do Nordeste e possuidora de uma grande variabilidade genética, o que a torna versátil, podendo ser usada em diferentes sistemas de produção, tradicionais ou modernos. A maioria das cultivares apresenta ciclo curto, com baixa exigência hídrica entretanto, a baixa produtividade ocorre devido ao plantio de cultivares tradicionais com baixa qualidade agrônômica, e ausência de um

programa de manejo de nutrientes para a cultura, refletindo problemas nos sistemas de produção, os quais impedem que cultura expresse o seu máximo potencial produtivo (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

A interação do feijão-caupi com bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> atmosférico, pode permitir o aumento de rendimento da cultura (SOARES *et al.*, 2006). Este processo pode ser uma alternativa a adubação nitrogenada, de forma parcial ou total, desde que supra a cultura com o N necessário para o seu crescimento e desenvolvimento, além de diminuir os custos de produção e o uso de combustíveis fósseis utilizados para a produção de fertilizantes nitrogenados (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

### **3.5 Qualidade do solo**

O solo é um recurso natural vivo e dinâmico que condiciona e sustenta a produção de alimentos e de biomassa e regula o balanço global do ecossistema. A qualidade do solo é definida como a capacidade deste em funcionar dentro do ecossistema visando sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais, sendo avaliada pelo uso de indicadores físicos, químicos e biológicos (BASTIDA *et al.*, 2008).

A qualidade do solo (Q) é determinada usando um modelo aditivo, em que as pontuações são atribuídas para a habilidade do solo de permitir a entrada de água (q<sub>WE</sub>), de facilitar a transferência e a absorção de água (q<sub>WMA</sub>), de resistir à degradação (q<sub>RD</sub>) e de sustentar o crescimento das plantas (q<sub>FQP</sub>), sendo wt o peso relativo aplicado a cada atributo. Os pesos numéricos (wt) para cada atributo do solo são definidos de acordo com a interpretação empírica da importância desses atributos preencherem todos os requisitos que mantêm a qualidade do solo sob uma condição específica de uso. Os pesos para todas as funções do solo devem somar 1,0. Assim, um solo ideal, que preenchesse todas as funções consideradas importantes, teria pontuação igual a 1,0. Solos que falhassem em se adequar a esse critério teriam pontuações menores. Associados com cada função do solo existem indicadores de sua qualidade, que influenciam determinada função em diferentes graus.

$$Q = q_{WE}(wt) + q_{WMA}(wt) + q_{RD}(wt) + q_{FQP}(wt)$$

A preocupação com a qualidade do solo tem crescido à medida que seu uso e mobilização intensiva passaram a resultar em diminuição da sua capacidade produtiva e sustentável ao longo dos anos, despertando a atenção da comunidade científica. Em poucas décadas o tema “qualidade do solo” tornou-se um importante foco de estudo em diversas partes do mundo. Contudo, a seleção de índices qualitativos de ampla aplicação para definir qualidade do solo é uma tarefa difícil, visto que, cada ambiente em particular apresenta características próprias (BASTIDA *et al.*, 2008).

A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores, os quais são definidos como atributos que medem ou refletem o *status* ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores que caracterizam a qualidade do solo são classificados como físicos, químicos e biológicos (BASTIDA *et al.*, 2008).

O solo possui seis funções principais (BLUM & SANTELISES, 1994), sendo três ecológicas e três ligadas à atividade humana. As funções ecológicas incluem: a) produção de biomassa (alimentos, fibras e energia); b) filtração, tamponamento e transformação da matéria para proteger o ambiente da poluição das águas subterrâneas e dos alimentos; c) habitat biológico e reserva genética de plantas, animais e organismos, que devem ser protegidos da extinção. As funções ligadas à atividade humana incluem: a) meio físico que serve de base para estruturas industriais e atividades socioeconômicas, habitação, sistema de transportes e disposição de resíduos; b) fonte de material particulado (areia, argila e minerais); c) parte da herança cultural, paleontológica e arqueológica, importante para preservação da história da humanidade.

No caso das atividades relacionadas à agricultura e meio ambiente, as principais funções do solo são: a) prover um meio para o crescimento vegetal e habitat para animais e microrganismos; b) regulação do fluxo de água no ambiente; e c) servir como um “tampão ambiental” na atenuação e degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente (LARSON & PIERCE, 1994).

### 3.6 Avaliação da qualidade do solo

A qualidade do solo refere-se à capacidade do solo de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado de forma a sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas, animais e dos homens (DORAN & PARKIN, 1994).

O emprego de práticas não sustentáveis pode causar a degradação de sua qualidade física, química e biológica, diminuindo a qualidade do solo (COSTA *et al.*, 2003). A perda dessa biodiversidade pode acarretar a perda funcional do ecossistema, levando também a uma menor resiliência, comprometendo a funcionalidade e sustentabilidade do mesmo (TÓTOLA & CHAER., 2002).

Usualmente, a qualidade do solo agrícola é considerada sob aspectos físicos, químicos e biológicos, os quais são importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria do solo e para identificar a sustentabilidade dos sistemas de manejo (ARATANI *et al.*, 2009).

Com os dados dos atributos físicos, químicos e biológicos, baseando-se na pressuposição de que o estado das propriedades individuais do solo das áreas modificadas era originalmente semelhante ao da vegetação natural. O Índice de Deterioração foi calculado e expresso como uma porcentagem do valor médio das propriedades individuais, para os atributos separadamente e em conjunto, por meio da soma da porcentagem dos desvios dos atributos químicos, físicos e biológicos dos respectivos valores obtidos para a área não desmatada (mata preservada). E estas variações percentuais foram, então, em média para os atributos do solo, utilizadas para calcular Índice de Deterioração do solo (ISLAM & WEIL, 2000).

$$ID (\%) = \sum[(\text{atributos do solo})]$$

Por outro lado, os limites sociais, econômicos e ambientais do modelo de modernização conservadora da agricultura e a preocupação com o futuro das próximas gerações, foram determinantes para que novos modelos agrícolas surgissem nesses últimos anos, tendo como objetivo o desenvolvimento de uma produção ecologicamente equilibrada, socialmente justa e economicamente viável (KARLEN *et al.*, 1997).

O manejo do solo, nesse contexto é, sem dúvida, um componente fundamental do sistema de produção e um valioso instrumento na busca de uma atividade agrícola sustentável. Desta forma os conceitos de qualidade e saúde do solo foram desenvolvidos como resposta a demanda de uma parcela significativa da comunidade científica, que reconheceu não só a necessidade do recurso solo ser pensado de forma mais integral e integradora como, também, pela necessidade de desenvolver uma nova forma de pensar o ecossistema agrícola (KARLEN *et al.*, 1997).

Os tipos de solos encontrados nas várzeas do Rio do Peixe no Município de São Domingos – PB são do tipo: podzólico, litólico e planossolo e *brunos não cálcicos*. O podzólico, também chamado de argissolo, é um solo menos intemperizado, profundo e com texturas diferenciadas entre os horizontes A, com menos argila, e B, com mais argila, características que torna o solo muito permeável à erosão hídrica e com menor permeabilidade, além da média fertilidade e drenagem. O litólico é pouco desenvolvido e muito raso, encontrado principalmente em áreas montanhosas. O planossolo tem como características principais a média fertilidade e a má drenagem, além da quantidade excessiva de sódio. E por último, vêm os solos brunos não cálcico, que são rasos e de alta fertilidade, além de não serem hidromórficos e com muita argila em sua composição.

### **3.7 Atributos do solo**

A substituição de um sistema em equilíbrio, como a vegetação nativa, por cultivos agrícolas implica em alterações dos atributos dos solos. Estas alterações são dependentes de fatores como o clima, solo, cultura implantada e manejo adotado. Nesse contexto, os solos podem sofrer grandes variações de seus atributos químicos, físicos e biológicos e a vegetação nativa pode ser utilizada como referencial na avaliação da qualidade dos solos por meio desses atributos (Chaves *et al.*, 2004).

### 3.7.1 Atributos químicos

O conhecimento dos atributos químicos dos solos permite uma melhor compreensão da dinâmica de liberação dos nutrientes para as plantas e pode fornecer subsídios à adequação das recomendações de adubação e manejo da irrigação, de modo a aumentar o rendimento agrícola.

O pH é um atributo químico indicador das alterações nos processos do solo que implicam na disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas. A capacidade do solo em manter os elementos essenciais disponíveis às plantas é governada pela CTC, quantidade total de cátions retidos nos colóides minerais e orgânicos do solo (CHAVES *et al.*, 2004). Da mesma forma, os teores de nitrogênio total, o fósforo disponível, e as formas trocáveis de K, Ca e Mg indicam se as reservas do solo atenderão às necessidades nutricionais das plantas. Os atributos químicos do solo são largamente explorados na literatura especializada e bastante citados como indicativos de sua fertilidade (TEIXEIRA *et al.*, 2001; VAZ & GONÇALVES, 2001; GATIBONI *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2007).

No trabalho de Carvalho *et al.*, (2007) avaliaram as alterações dos indicadores químicos de qualidade do solo em quatro sistemas de manejo para a cultura de citros. O pH do solo no sistema de manejo com cobertura vegetal diferiu significativamente dos tratamentos com capinas manuais. A fração orgânica foi responsável pela maior parte da CTC dos solos estudados e o sistema com cobertura nas entrelinhas apresentou um incremento na CTC do solo de 21,7% na linha de plantio da cultura e 28,6% na entrelinha, quando comparado ao manejo convencional.

O estudo dos atributos químicos é importante também na detecção de elementos em excesso, especialmente aqueles cuja presença pode ter efeito prejudicial tanto à planta como ao solo. O manejo inadequado da irrigação pode levar a acúmulos de íons solúveis, aumentando o nível de salinidade. Em um Argissolo sob cultivo de melão irrigado por gotejamento com diferentes níveis de salinidade e práticas diferenciadas de manejo, Dias *et al.* (2004) observaram que o aumento da salinidade teve uma evolução temporal e que este aumento foi proporcional a concentração de sais na água utilizada, independente da frequência de irrigação.

O uso de águas salinas é o principal fator diretamente relacionado à ocorrência de salinidade em perímetros irrigados, especialmente em regiões áridas e semiáridas onde dificilmente se encontra água de boa qualidade para a agricultura. O regime hídrico escasso não apresenta volume de água suficiente para estabelecer um sistema de drenagem que promova a lixiviação do excesso de sais que são liberados durante o processo de intemperismo das rochas e formação dos solos, o que eleva a concentração salina das águas disponíveis na região. Outro fator relevante é a elevação do lençol freático, muitas vezes, salino. Irrigações excessivas conduzem a perdas de água por infiltração, saturando canais e reservatórios do solo que, em ocorrência de deficiências de drenagem elevam o lençol freático, trazendo juntamente os sais à zona radicular (BERNARDO *et al.*, 2005; MANTOVANI *et al.*, 2007).

A salinidade exibe seus efeitos adversos sobre as plantas pelo decréscimo do potencial osmótico, por toxicidade devido ao excesso de íons específicos absorvidos e, ou, por distúrbios nutricionais. Esses efeitos variam com a espécie vegetal e o estágio de desenvolvimento, com o tempo de exposição e a concentração salina e com a natureza dos sais presentes na solução do meio de crescimento (LEVITT, 1972; MANSOUR & SALAMA, 2004).

Nos solos, os efeitos nocivos da salinidade se devem ao excesso de íons específicos, especialmente sódio ( $\text{Na}^+$ ). Atraídos pelas cargas negativas do complexo sortivo do solo, o sódio em excesso na solução do solo passa a competir com outros cátions presentes no sistema. Deste modo, cátions que apresentam caráter floculante, com o  $\text{Ca}^{++}$  e o  $\text{Mg}^{++}$ , passam a ser substituídos pelo  $\text{Na}^+$ , cátion de forte ação dispersante. A água de irrigação remove os cátions floculantes e as partículas dispersas de argila, implicando em destruição dos agregados, perda da estrutura do solo e obstrução de poros do solo. Em decorrência disso, as propriedades hídricas são afetadas. Ocorre a redução da porosidade, aumento da densidade, de modo que a condutividade hidráulica torna-se drasticamente prejudicada, dificultando a infiltração de água no perfil do solo (BERNARDO *et al.*, 2005; MANTOVANI *et al.*, 2007).

### 3.7.2 Atributos físicos

Solo sobre condições de cultivo apresenta alterações de suas propriedades físicas, quando comparado com aquele encontrado em áreas nativas, sem cultivo agrícola. Tais alterações são mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do que nos conservacionistas, manifestando-se, geralmente, na densidade do solo, profundidade do perfil, volume e tamanho de poros e estabilidade de agregados, que influenciam a infiltração e capacidade de retenção de água, erosão hídrica, crescimento radicular e emergência de plântulas (MENDES *et al.*, 2006).

O uso de máquinas e implementos agrícolas pesados exerce pressões que podem causar um rearranjo dos componentes sólidos do solo, desestruturando e compactando-o, diminuindo sua porosidade. Com o tempo, verifica-se o aumento da densidade do solo sob manejo agrícola quando comparado ao solo em condições naturais (ANJOS *et al.*, 1994; BARBER *et al.*, 1996). Paralelamente, os sistemas convencionais de cultivo, com intenso revolvimento do solo, rompem os agregados na camada preparada e aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo negativamente na resistência dos agregados do solo (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990).

Há uma estreita relação entre o manejo agrícola adotado e a qualidade do solo, a qual pode ser avaliada pelo comportamento das propriedades físicas. A introdução de alguns sistemas agrícolas, especialmente aqueles que fazem uso intensivo do solo sem aplicação de qualquer atividade sustentável, promovem alterações dos atributos físicos, induzindo a deterioração de sua capacidade produtiva, em decorrência da retirada da cobertura vegetal existente e do excessivo uso da mecanização (LONGO *et al.*, 1999; ARGENTON *et al.*, 2005).

Quando Silva *et al.*, (2005) avaliaram as alterações de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico, sob diferentes sistemas de manejo em relação ao cerrado nativo, observaram que nos sistemas de plantio que prezavam pelo menor revolvimento do solo e a presença de gramíneas em rotação foram os mais eficientes na manutenção das condições físicas e da qualidade do solo, proporcionado inclusive maior

acúmulo de matéria orgânica e ação agregante do sistema radicular das gramíneas.

O manejo racional, ajustando-se às necessidades de cada cultura e tipo de solo, pode trazer muitos benefícios à agricultura e garantir a sustentabilidade do sistema. No trabalho de Secco et al., (2005), relacionaram a densidade do solo e o espaço poroso com a produtividade das culturas da soja, trigo e milho em um Latossolo Vermelho distrófico típico sob diferentes sistemas de manejo. Estes autores observaram que a mobilização anual do solo ou a cada três anos em áreas cultivadas sob sistema plantio direto não alterou significativamente os atributos físicos do solo, como também as produtividades das culturas da soja e milho não foram modificadas pelos sistemas de manejo adotados. Contudo, a cultura do trigo demonstrou maior sensibilidade ao estado estrutural do solo, indicando que sistemas de manejo com maior mobilização proporcionam condições físicas mais adequadas a esta cultura.

De acordo com Centurion *et al.*, (2004), compararam as propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho cultivado com diferentes culturas em relação ao solo em seu estado natural (mata), observando que a degradação das propriedades químicas foi maior quando cultivado com as culturas de cana-de-açúcar e milho, do que com a pastagem. Contudo, a degradação das propriedades físicas causou níveis críticos mais limitantes ao desenvolvimento das culturas que aqueles referentes às propriedades químicas.

Cunha *et al.* (2001) observaram que as densidades nos horizontes superficiais e subsuperficiais aumentaram em solos cultivados com soja por um ano, por dois anos em consórcio soja-milho e por três anos com soja-milho-soja, quando comparado ao solo sob vegetação nativa de cerrado, atribuindo o aumento à ação de implementos agrícolas utilizados (arados e grades), seja pulverizando os agregados nos horizontes superficiais e aumentando a densidade por adensamento do solo, seja promovendo a compactação mecânica dos horizontes subsuperficiais.

O manejo do solo pode influenciar na compactação e adensamento, dificultando a movimentação de água e ar no perfil. Apesar de Stirzaker *et al.*, (1996) defenderem que o aumento na densidade do solo melhora o contato

solo-raiz, sendo fundamental para a absorção de nutrientes e crescimento saudável das plantas, em solos de densidades elevadas ou muito compactados ocorre alteração da estrutura e, conseqüentemente, decréscimo da porosidade, especialmente da macroporosidade, que reduz a disponibilidade de água e nutrientes e a difusão de gases no solo, prejudicando o desenvolvimento das raízes que passam a explorar uma área menor (TAYLOR & BRAR, 1991).

Os solos do Brasil apresentam ampla variação de textura e teor de matéria orgânica do solo - MOS. Isso implica em variação de outras características dos solos, tais como a densidade de partícula, porosidade total, tamanho e continuidade dos poros, capacidade de retenção de água, adsorção de nutrientes, entre outras. Alterações marcantes destas propriedades podem comprometer a produtividade agrícola (FREIRE, 2001).

O processo de desagregação das partículas, por exemplo, promove a obstrução dos poros do solo e o adensamento de camadas subsuperficiais, dificultando a movimentação de água e ar ao longo do perfil, limitando o crescimento das raízes e o desenvolvimento normal das plantas (FREIRE, 2001). O efeito da compactação sobre o movimento da água no solo foi verificado por Stone *et al.* (2002) em colunas de solo compactadas artificialmente, para produzir densidades do solo de 1,0; 1,2; 1,4 e 1,6 kg dm<sup>-3</sup> pelas quais foram percoladas águas sob cargas de tensão de -0,5; -2,0 e -6,0 cm de água. O aumento da densidade do solo restringiu a infiltração de água e reduziu linearmente a porosidade total e a macroporosidade. Houve ainda, redução no tamanho dos poros para o fluxo de água, reduzindo a condutividade hidráulica do solo. Esta redução foi mais acentuada na maior carga de tensão testada.

Solo sobre cultivo apresenta alterações de suas propriedades físicas, quando comparado com aquele encontrado em áreas nativas, sem cultivo agrícola. Tais alterações são mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do que nos conservacionistas, manifestando-se, geralmente, na densidade do solo, profundidade do perfil, volume e tamanho de poros e estabilidade de agregados, que influenciam a infiltração e capacidade de retenção de água, erosão hídrica, crescimento radicular e emergência de plântulas (MENDES *et al.*, 2006).

A seguir abordaremos de forma resumida os principais atributos físicos que foram avaliados nesse Trabalho de Conclusão do Curso.

### **3.7.2.1 Textura do solo**

A textura é uma característica do solo que representa as proporções relativas das frações areia, silte e argila do solo, a qual não pode ser alterada, pois é inerente ao solo e determina, em grande parte, o valor econômico da área. Solos com maior teor de argila, em função das suas propriedades químicas e físicas, são melhores para fins agrícolas, uma vez que a distribuição do tamanho das partículas do solo interfere diretamente no grau de compactação, na disponibilidade de água, na capacidade de troca de cátions, na dosagem de nutrientes, corretivos e herbicidas (KLEIN, 2008).

A textura também afeta a dinâmica da adesão e coesão entre as partículas de solo e as ferramentas de manejo do solo, afetando a resistência do solo à tração, além da dinâmica da água no solo. Assim é cada vez mais comum em grandes empreendimentos agrícolas a determinação da variabilidade espacial da textura, pois a função desta característica define-se o manejo do solo e das culturas (KLEIN, 2008).

A fração sólida do solo é subdividida em: *Orgânica* que consiste na matéria orgânica do solo e *Inorgânica* – que são os sólidos do solo (argila, silte e areia).

### **3.7.2.2 Densidade do solo**

A densidade do solo é definida como sendo o quociente de sua massa de sólidos por seu volume, é afetada por cultivos que alteram a estrutura e, por consequência, o arranjo e volume dos poros. Essas alterações afetam propriedades físico-hídricas importantes, como a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água às plantas e a resistência do solo à penetração (KLEIN, 2008).

Segundo Beltrame e Taylor (1980) as causas das alterações na densidade dos solos são naturais, difíceis de serem alteradas e avaliadas e agem lentamente no solo, como, por exemplo, a eluviação que é o transporte de material dissolvido ou suspenso do solo, dentro do solo, pelo movimento

descendente ou lateral de água, quando a chuva excede a evaporação, e as forças mecânicas originadas da pressão causada pelo trânsito das máquinas agrícolas e pela própria ação dos implementos sobre o solo.

A densidade do solo difere da densidade de sólidos por considerar o arranjo das partículas, isto é, o espaço poroso do solo. Para um solo com mesma densidade de sólidos, quanto maior for a porosidade, menor será densidade. A compactação do solo, como aproxima as partículas sólidas, diminui o espaço poroso, aumentando conseqüentemente a densidade do solo (KLEIN, 2008).

### **3.7.2.3 Porosidade do solo**

A porosidade é constituída pelo espaço poroso, após o arranjo dos componentes da parte sólida do solo e que, em condições naturais, é ocupada por água e ar (EMBRAPA, 2003).

As areias retêm pouca água, porque seu grande espaço poroso permite a drenagem livre da água dos solos. As argilas absorvem relativamente, grandes quantidades de água e seus menores espaços porosos a retêm contra as forças de gravidade. Apesar dos solos argilosos possuírem maior capacidade de retenção de água que os solos arenosos, esta umidade não está totalmente disponível para as plantas em crescimento. Os solos argilosos (e aqueles com alto teor de matéria orgânica) retêm mais fortemente a água que os solos arenosos (TEIXEIRA *et al.*, 2009).

### **3.7.2.4 Granulometria do Solo**

A granulometria vem a ser a distribuição de suas partículas constituintes, de natureza orgânica ou mineral, em classes de tamanho. As classes de tamanho das partículas inorgânicas são também chamadas de frações granulométricas. A granulometria do solo representa uma de suas características mais estáveis, sendo determinada por meio da análise granulométrica (KLEIN, 2008).

### **3.7.2.5 Atributos biológicos**

O solo é habitat natural de organismos responsáveis por inúmeras funções, cuja influência pode ser direta (decomposição de materiais orgânicos ou inorgânicos, ciclagem de nutrientes) ou indireta (modificação da textura, da estrutura e da capacidade de retenção de água) garantindo assim o fluxo de energia aos diferentes níveis tróficos (SCHMIDT, 2006). Contudo, os microorganismos sofrem influência, dentre outros fatores, da temperatura, pH, umidade, aeração e disponibilidade de substrato, fertilidade, força iônica (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Como muitos desses fatores estão relacionados com o uso do solo, a atividade dos microorganismos torna-se um reflexo do manejo adotado (TÓTOLA & CHAER 2002; CARDOSO, 2004).

A microbiota do solo compreende microorganismos de diâmetro corporal de até 100 µm cuja atividade biológica é concentrada nos primeiros centímetros de profundidade, onde diversos grupos são encontrados. Dentre eles estão os eucarióticos (algas, fungos filamentosos e leveduriformes), os procarióticos (bactérias e algas), além de actinobactérias e vírus (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os microorganismos do solo são os principais responsáveis pelos processos de decomposição de resíduos orgânicos e aumento da disponibilidade de nutrientes às plantas; fixação biológica de nitrogênio; aumento no crescimento vegetativo; produção de hormônios; proteção contra patógenos; biodegradação de xenobióticos; aumento da tolerância à acidez do solo; formação de agregados e melhoria da estrutura do solo; entre outras atividades, seu potencial de utilização como indicadores da qualidade do solo vem conquistando espaço no campo científico (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A diversidade de microorganismos presentes em sistemas naturais está relacionada à conservação e restauração biológica de organismos superiores, revelando, inclusive, o grau de sustentabilidade dos solos dessas áreas. Nestes sistemas, o solo é habitat natural de populações de microorganismos muito importantes para a fertilidade dos solos e qualidade ambiental, como micorrizas, fixadores de nitrogênio atmosférico, decompositores, mineralizadores de nutrientes, entre outros que mantêm o equilíbrio e a sustentabilidade (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Portanto, manejos que mantenham a atividade biológica são de fundamental importância para a manutenção da qualidade dos solos nos diferentes sistemas de cultivo, bem como para recuperação de áreas em processo de degradação (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Alguns ciclos biogeoquímicos importantes regulam a mineralização e a disponibilidade de elementos essenciais limitantes para as plantas, como ferro, fósforo e enxofre. Todas essas transformações são mediadas, sobretudo, por bactérias quimiolitotróficas, que obtêm energia a partir da oxidação de compostos inorgânicos (NAHAS, 1999).

A matéria orgânica do solo (MOS) compõe um sistema complexo de substâncias cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas, incluindo restos de plantas e animais em vários estágios de decomposição, microrganismos vivos e o húmus, que é relativamente estável. A fração orgânica do solo está em contínuo processo de transformação devido à ação de fatores biológicos, químicos e físicos. A MOS tem grande influência sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, a qual pode ser observada principalmente sobre a capacidade de troca de cátions, disponibilidade de nutrientes, estabilidade de agregados e atividade microbiana (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

A decomposição e a mineralização da matéria orgânica do solo são processos naturais que garantem a ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera. Mediados pelos microrganismos do solo, estes processos são de grande importância para a manutenção da produtividade dos setores agrícolas, especialmente para as regiões semiáridas onde o baixo nível tecnológico da agricultura tem como principal forma de adubação a aplicação de materiais orgânicos ao solo (GIACOMINI *et al.*, 2003).

#### **3.7.2.6 Biomassa microbiana e Respiração edáfica**

A respiração edáfica pode ser definida como a produção de CO<sub>2</sub>, ou consumo de O<sub>2</sub>, como resultado de processos metabólicos de organismos vivos do solo. A biomassa microbiana do solo é definida como componente microbiano vivo, composto por bactérias, fungos, microfauna e algas, sendo a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, ciclagem de

nutrientes, fluxo de energia, transformação da matéria orgânica do solo e imobilização temporária de nutrientes e carbono (TÓTOLA & CHAER, 2002).

A biomassa microbiana é medida pela quantificação do carbono orgânico do solo que está ligado ao tecido vivo microbiano (carbono da biomassa microbiana – CBM). A atividade microbiana é medida pela quantidade de C-CO<sub>2</sub> (respiração basal do solo – RBS) liberado no processo de decomposição da matéria orgânica do solo. A partir desses elementos é possível calcular o quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) através da relação que existe entre a RBS e o CBM, a qual expressa o quanto do C incorporado ao solo é perdido para atmosfera pela biomassa ativa para manter o carbono microbiano. Outra medida interessante é o quociente microbiano (qMIC), calculado pela relação entre o C-CBM e o COT, na qual é possível analisar o quanto do COT está na forma microbiana (FRIGHETTO & VALARINI, 2000).

### **3.7.2.8 Indicadores de qualidade do solo**

Usualmente, a qualidade do solo agrícola é considerada sob três aspectos: físico, químico e biológico, sendo importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria do solo e para identificar a sustentabilidade dos sistemas de manejo (ARATANI *et al.*, 2009).

Indicadores de qualidade do solo são atributos mensuráveis que influenciam sua capacidade para desempenhar funções de produção agrícola ou ambiental e que são sensíveis às mudanças no uso da terra, práticas de manejo ou de conservação do solo (BREJDA *et al.*, 2000). O monitoramento da capacidade produtiva do solo por produtores e técnicos pode ser aprimorado com o uso de indicadores de qualidade do solo, desde que se abordem as diversas inter-relações dos componentes do solo e do sistema de produção como um todo, com vistas a otimizar os mecanismos destas interações (FERREIRA, 2005).

Segundo Ferreira (2005) diversos indicadores tem sido utilizados para avaliar os impactos das intervenções nos sistemas de produção sobre os recursos naturais e na qualidade do solo, não só através de parâmetros químicos e físicos, que eram a base da interpretação de sua capacidade

produtiva, mas também, com o levantamento de parâmetros biológicos e das diversas interações destes com os outros fatores que interferem o sistema.

A determinação dos indicadores permite direcionar a avaliação e, ou, o monitoramento das condições do solo e tem a capacidade e a sensibilidade para medir e avaliar atributos e processos do solo que interfiram na promoção do seu equilíbrio (DUMANSKI & PIERI, 2000). Mudanças nos atributos do solo podem significar perda de qualidade afetando significativamente a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola (SHEPHERD, 2000).

A avaliação de indicadores têm sido uma temática bastante comum nos trabalhos sobre qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo (GALINDO *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2011). Contudo, em áreas de Caatinga, estes trabalhos ainda são incipientes (GALINDO *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2010), principalmente quando se referem ao manejo com uso de fogo e sobre os efeitos da sazonalidade.

Sob o ponto de vista químico, a qualidade do solo pode ser avaliada a partir dos valores de pH, teores de P e K disponíveis, Ca e Mg trocáveis, condutividade elétrica do extrato de saturação, acidez trocável, acidez potencial, capacidade de troca de cátions, dentre outras determinações (LARSON & PEARCE, 1994). Para Araújo *et al.*, (2012) os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos ( $Al^{3+}$ , por exemplo) e determinadas relações como a saturação de bases (V%) e de alumínio (m). Tais indicadores, além de bastante sensíveis às mudanças no uso e nas práticas de manejo e conservação do solo (BREJDA *et al.*, 2000), afetam diretamente a relação solo-planta, interferindo em processos como disponibilidade de nutrientes e água para às plantas e microrganismos, capacidade tampão, infiltração e armazenagem de água no solo, susceptibilidade à compactação e erosão, dentre outros (GALINDO *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2010). Medidas que expressam a disponibilidade de nutrientes, como cálcio e magnésio trocáveis, fósforo, potássio, micronutrientes, assim como suas relações são importantes para avaliar qualidade de solo entre diferentes sistemas de manejos (ARAÚJO *et al.*, 2012). O teor de C, ou a matéria orgânica do solo é frequentemente utilizado como

indicador chave e eficiente para avaliação da qualidade do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetação nativa, o que se deve a influência direta dessa variável na maioria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (XAVIER *et al.*, 2006; GALINDO *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2010). A matéria orgânica do solo (M.O.) é referida como indicadora da qualidade do solo em virtude de sua suscetibilidade de alteração em relação às práticas de manejo e por correlacionar-se com a maioria das propriedades do solo (MIELNICKZUK, 1999).

Segundo Costa (2009) após a retirada da vegetação natural, o solo tem, frequentemente, mostrado alterações em seus atributos químicos, que são dependentes do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas. A interação desses fatores estabelece uma nova condição de equilíbrio no sistema solo (MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 2000).

Para mensuração da qualidade física do solo, tem sido sugerida a utilização de suas propriedades físicas, relacionadas a processos que ocorrem no sistema solo-planta (DORAN & PARKIN, 1996; SCHOENHOLTZ *et al.*, 2000). Dentre essas propriedades físicas utilizadas destacam-se: a densidade do solo, a estrutura do solo, a porosidade do solo (macro e microporosidade), a capacidade de retenção de água, a temperatura do solo, a estabilidade de agregados, a capacidade de infiltração do solo, a resistência à penetração, condutividade hidráulica, dentre outras (DORAN & PARKIN, 1996; SCHOENHOLTZ *et al.*, 2000; REYNOLDS *et al.*, 2002). Araújo *et al.*, (2012) também afirma que os principais indicadores físicos, que têm sido utilizados e recomendados são textura; espessura (horizonte A; solum); densidade do solo; resistência à penetração; porosidade; capacidade de retenção d'água; condutividade hidráulica; e estabilidade de agregados.

Chaer & Tólola (2007) quando avaliaram o impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo, verificaram que elevada correlação entre vários atributos microbiológicos indica a possibilidade de se selecionar um conjunto reduzido de indicadores capaz de expressar a qualidade biológica dos solos, tornando sua adoção como rotina uma perspectiva atraente.

Trabalhos que envolvam a determinação de atributos do solo e sua utilização como indicadores de qualidade do solo em áreas degradadas e, ou,

em processo de degradação na região semiárida do Nordeste brasileiro são bastante escassos na literatura (GALINDO *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2010). Adicionalmente, são bastante escassas também as informações sobre o comportamento dos referidos atributos em áreas degradadas ou em processo de degradação, em função da variação sazonal verificada neste bioma, uma vez que se trata de uma região que tem como principal limitação à deficiência hídrica.

Pelo exposto, torna-se importante conhecer as relações existentes entre o sistema de uso da terra e os atributos do solo, os quais têm reflexos diretos na sustentabilidade e qualidade ambiental do ecossistema, representando assim avanços nesta área de estudo e suporte para o manejo sustentável do bioma Caatinga.

### **3.7.2.9 Índices de qualidade do solo (IQS)**

Os índices de qualidade do solo podem ser obtidos por meio de uma expressão ou modelo matemático que inclua os atributos do solo considerados. Assim, a soma dos efeitos dos atributos selecionados, que são predominantes da qualidade do solo de um dado ambiente, é expressa no índice de qualidade (TÓTOLA & CHAER, 2002).

O Índice de qualidade do solo que expressa a somatória da expressão que considera os níveis de suficiência para o crescimento da raiz (CR), para o suprimento de água (SA), Para o suprimento de nutrientes (SN), para as trocas gasosas (TG) e para atividade biológica (AB), multiplicados pelo peso relativo aplicado a cada atributo (p) e finalmente multiplicando pelo peso relativo ao volume de cada horizonte i do solo (WF). Esse modelo foi utilizado para avaliar o impacto de diferentes práticas de manejo sobre a qualidade do solo.

$$IQS = \sum[(CR * p)+(SA * p)+(SN * p)+(TG * p)+(AB * p)] * WF_i$$

Freitas *et al.* (2012) ao estudar índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente, verificou que as áreas de manejo florestal sofreram reduções dos IQS quando comparados aos sistemas nativos.

Embora existam vários métodos para monitorar e avaliar a qualidade da água e do ar, nenhum método isolado tem sido amplamente aceito para atribuir um índice de qualidade ao solo, devido à complexidade e variabilidade desse sistema (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005; GLOVER *et al.*, 2000). Independente da metodologia adotada, os índices de qualidade do solo refletem o desempenho integrado dos atributos físicos e químicos dos solos estudados, e por isto eles são ferramentas úteis que poderão ser utilizadas nas tomadas de decisões sobre o sistema de manejo e uso em questão (FREITAS, 2012).

Para Melloni *et al.* (2008), estudos da avaliação de atributos químicos, físicos e biológicos na qualidade do solo são essenciais no entendimento da funcionalidade e sustentabilidade de solos em diferentes condições de uso. Alguns indicadores e índices sobre condições ambiental ou estado do meio ambiente são usualmente coletados por organismos governamentais e poder ser aproveitados nos Estudos de Impactos Ambientais, principalmente para fins de diagnósticos ambientais, desde que sejam claramente associados a um local ou uma região (SÁNCHEZ, 2008).

#### **3.7.2.10 Análises multivariadas**

A interpretação dos resultados gerados na pesquisa depende da análise dos dados, a qual pode ser denominada univariada, quando for baseada na avaliação de apenas uma única variável, e multivariada, quando baseada em duas ou mais variáveis. A utilização da análise univariada torna-se muito limitada quando se tem um grande número de variáveis a serem analisadas em um só experimento.

A análise individual de cada uma dessas variáveis gera dificuldade na interpretação dos dados e, conseqüentemente, no estabelecimento das conclusões, uma vez que as tendências observadas nas variáveis submetidas a um mesmo tratamento podem ser discrepantes ou contraditórias.

Segundo Ferreira (1996), a análise multivariada possui maior aplicabilidade, pois, segundo o autor, permite a redução de dados ou simplificação estrutural, o fenômeno sob estudo é representado da maneira mais simples possível, sem sacrificar informações valiosas e tornando as interpretações mais simples; a ordenação e o agrupamento de tratamentos ou variáveis similares, baseados em dados amostrais ou experimentais; a

investigação da dependência entre variáveis; a predição: relações entre variáveis devem ser determinadas para o propósito de predição de uma ou mais variável com base na observação de outras variáveis; a construção e o teste de hipóteses.

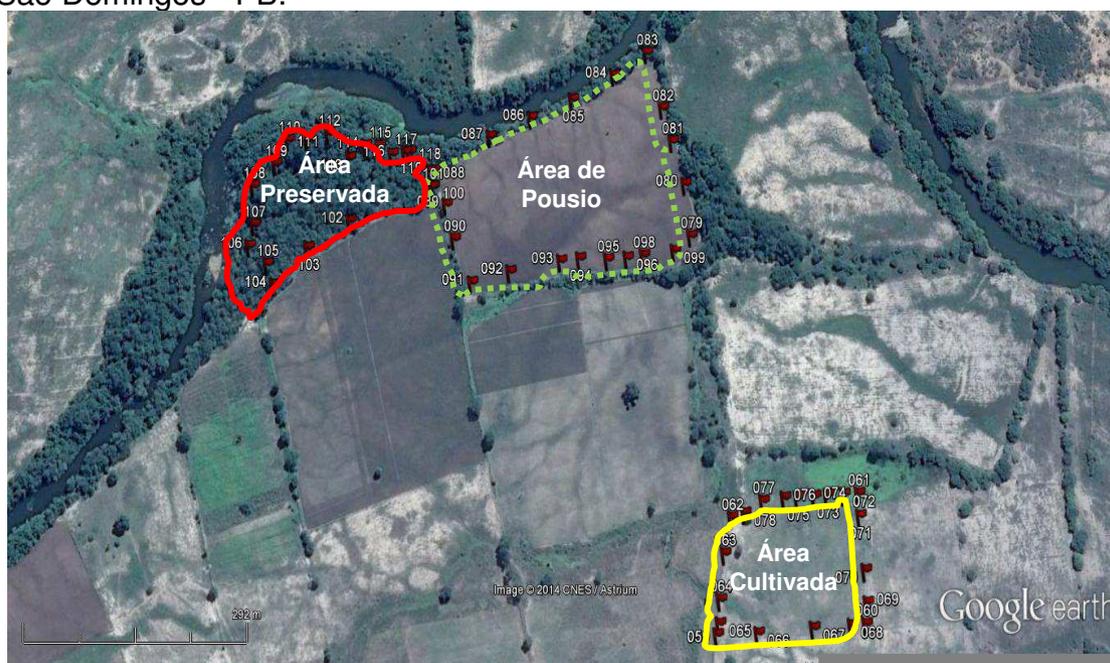
A avaliação acurada e consistente da qualidade do solo requer um método sistemático para medir e interpretar as propriedades que adequadamente como indicadores. Através de ferramentas de estatísticas multivariadas, como análise de componentes principais, tornar-se um modo de avaliação fácil e preciso de conjunto de dados ou indicadores de natureza diversa (CHAER & TÓTOLA, 2007; CRUZ & REGAZZI, 1994; STENBERG, 1999).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e caracterização da área

As áreas em estudo estão localizadas na Fazenda Boa Vista, município de São Domingos – PB. O município de São Domingos está localizado na região Oeste do Estado da Paraíba, limitando-se a Oeste com Aparecida, a sudoeste São José da Lagoa Tapada, a Leste, Sudeste e Norte com Pombal. Segundo o Censo Demográfico realizado pelo IBGE no ano de 2013, o Município de São Domingos, possui uma população de 2999 habitantes e ocupa uma área de 227,2 km<sup>2</sup>. A sede municipal apresenta coordenadas geográficas de 037° 56' 31" longitude oeste e 06°48' 50" de latitude sul (Figura1).

**Figura 1:** Mapa com a localização das áreas analisadas na Fazenda Boa Vista, São Domingos - PB.



Fonte: Google Earth, 2007.

Legenda:

- Área Preservada
- Área Cultivada
- ..... Área de Pousio

O município de São Domingos está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação que é bastante monótona, relevo predominantemente suave ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. Elevações residuais, cristas e/ou outeiros

pontuam a linha do horizonte. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino. A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia (CPRM/PRODEEM, 2005).

O período chuvoso do município de São Domingos se inicia em novembro com término em abril. A precipitação média anual é de 431,8 mm. Com respeito aos solos, nos Patamares Compridos e Baixas Vertentes do relevo suave ondulado ocorrem os Planossolos, mal drenados, fertilidade natural média e problemas de sais. Topos e Altas Vertentes, os solos Brunos não Cálcicos, rasos e fertilidade natural alta; Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado ocorrem os Podzólicos drenados e fertilidade natural média e as Elevações Residuais com os solos Litólicos, rasos, pedregosos e fertilidade natural média (CPRM/PRODEEM, 2005).

#### **4.2 Delineamento experimental**

Esse trabalho foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 2, em três sistemas de manejo de solo na fazenda Boa Vista no município de São Domingos – PB; sendo área preservada, área de pousio e área cultivada com feijão caupi, e em duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), onde foram coletadas amostras pertencentes a quatro repetições.

#### **4.3 Coleta de amostras**

Em cada área foram coletadas as amostras em quatro subáreas (repetições) aleatoriamente em esquema em forma de alvo, com dois círculos concêntricos, sendo o menor círculo com diâmetro de um metro e o maior com dois metros, onde foram coletadas cinco amostras simples de solo para obtenção de uma amostra composta, oito amostras compostas por área, sendo três áreas e duas profundidades, totalizando 24 amostras. Após coletadas, as amostras, foram devidamente identificadas, armazenadas e encaminhadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG, Campus de Pombal – PB e no Instituto Federal da Paraíba na cidade de Sousa (Figura 2).

**Figura 2:** Áreas onde foram coletadas as amostras de solo.

Área Cultivada



Fonte: Autor.

Área Preservada



Fonte: Autor.

Área de Pousio



Fonte: Autor.

#### **4.4. Procedimento Experimental**

##### **4.4.1 Atributos químicos**

##### **4.4.1.1 pH em $\text{CaCl}_2$ e $\text{H}_2\text{O}$**

Colocou-se 10 g de solo em béquer e adicionou-se 25 mL da solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 M. Agitou a amostra com bastão de vidro e deixou em repouso por uma hora e em seguida agitou cada amostra com bastão de vidro e mergulhou os eletrodos e procedeu a leitura do pH em potenciômetro Policontrol modelo: pH – 250 (EMBRAPA, 1997).

. Colocou-se 10 g de solo em béquer e adicionou-se 25 mL de . Agitou a amostra com bastão de vidro e deixou em repouso por uma hora e em seguida agitou cada amostra com bastão de vidro e mergulhou os eletrodos e procedeu a leitura do pH em potenciômetro Policontrol modelo: pH – 250 (EMBRAPA, 1997).

##### **4.4.1.2 Condutividade elétrica**

Colocou-se 10 g de solo em béquer e adicionou-se 25 mL da solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 M. Agitou a amostra com bastão de vidro e deixou em repouso por uma hora e em seguida agitou cada amostra com bastão de vidro e mergulhou os eletrodos e procedeu a leitura da condutividade no condutímetro TECNAL modelo: TEC – 4MP (EMBRAPA, 1997).

#### 4.4.1.3 Macronutrientes (P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, SB, CTC, %V)

O fósforo (P) foi formado a partir do complexo fósforo-molibdico de cor azul obtido após redução do molibdato com ácido ascórbico e sua determinação se deu por EAM (EMBRAPA, 1997). O fósforo é calculado pela seguinte fórmula:  $P(\text{mg/kg}) = L * F_p * 10$ ; L = leitura da amostra.

O potássio (K<sup>+</sup>) solúvel foi determinado no extrato da pasta saturada, por fotometria de emissão de chama (EMBRAPA, 1997). O potássio é calculado pela fórmula:  $K^+ (\text{cmol}_c) = L * \text{diluição} * f_k$ ; L = leitura da amostra.

O sódio solúvel (Na<sup>+</sup>) foi determinado no extrato da pasta saturada, por fotometria de emissão de chama (EMBRAPA, 1997). O potássio é calculado pela fórmula:  $K^+ (\text{cmol}_c/\text{kg}) = L * \text{diluição} * f_{Na}$ ; L = leitura da amostra.

O cálcio trocável (Ca<sup>2+</sup>) foi extraído do solo com solução de acetato de amônio 1mol L<sup>-1</sup> e determinado por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 1997). O cálcio é calculado pela seguinte fórmula:  $Ca^{++} (\text{cmol}_c) = \text{mL EDTA}$ .

O magnésio trocável (Mg<sup>2+</sup>) foi extraído do solo com solução de acetato de amônio 1mol L<sup>-1</sup> e determinado em espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1997). O magnésio é calculado pela fórmula:  $Mg^{++} (\text{cmol}_c) = \text{mL EDTA}$ .

O alumínio trocável (Al<sup>3+</sup>) foi extraído do solo com solução de acetato de amônio 1mol L<sup>-1</sup> e determinado em espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1997). O alumínio é calculado pela fórmula:  $100 Al^{+++} / (S + Al^{+++})$ .

A acidez do solo é calculada pela seguinte expressão:  $H^+ + Al^{+++} (\text{cmol}_c/\text{kg}) = V * 0,5$ ; V = Volume gasto de NaOH 0,025 N gasto na titulação.

A soma de bases trocáveis (SB) foi calculada pela fórmula:  $SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$ .

A Capacidade de troca de cátions (CTC) foi determinada pelo método do acetato de sódio e acetato de amônio 1mol L<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 1997). A capacidade de troca de cátions é calculada pela fórmula:  $CTC \text{ efetiva } (\text{cmol}_c / \text{kg}) = (S + \text{acidez})$ ;  $S (\text{cmol}_c / \text{kg}) = (Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+ + K^+)$  e  $\text{acidez } (\text{cmol}_c / \text{kg}) = (H^+ + Al^{+++})$ .

A porcentagem de saturação de bases é calculada pela fórmula:  $V\% = 100 S/T$ .

## 4.4.2 Atributos físicos

### 4.4.2.1 Densidade real, densidade aparente e umidade

Colocou-se 50 g de TFSA num béquer de 250 mL e em seguida adicionou-se 50 mL de solução de NaOH 1 N e 50 mL de água destilada e deixou em repouso por uma noite. Para a amostra em branco adicionou-se 50 mL de água destilada e deixou também em repouso por uma noite (EMBRAPA, 1997).

Transferiu-se as suspensões anteriormente preparadas para um agitador metálico Hamilton Beach e adicionou 2/3 do copo do agitador com água destilada. Seguido depois por agitação durante 15 minutos, que é o tempo recomendado na literatura para solos argilosos a 12.000 r.p.m.

Transferiu-se a amostra anterior para uma proveta de 1000 mL e completou o volume da proveta com água destilada e homogeneizou-se com um agitador manual (tucho) durante 30 segundos. Em seguida, colocou-se o densímetro de Bouyoucos e fez-se a leitura do silte + argila 40 segundos, após o início da sedimentação. Mediu-se a temperatura da suspensão, para correção posterior da leitura.

Após duas horas da primeira leitura, faz-se a segunda leitura, colocando-se o densímetro lentamente até mais ou menos 15 cm. Para que não haja agitação do solo, soltando-o em seguida;

**Observação:** O densímetro mede a densidade da suspensão, sendo necessário verificar sua correspondência com o densímetro de Bouyoucos, calibrado g de solo/L de suspensão.

**Correção:** Como o densímetro de Bouyoucos é calibrado para a temperatura de 68 °F (20°C), as leituras deverão ser corrigidas conforme a temperatura. Assim, para cada grau acima ou abaixo de 20 °C deve-se acrescentar ou subtrair 0,36 graduações da leitura do densímetro.

#### **Cálculo das frações do solo:**

% silte =  $[(1^{\text{a}} \text{ leitura corrigida} - 2^{\text{a}} \text{ leitura corrigida}) * 100] / \text{massa de TFSA};$

% argila = [2ª leitura corrigida \* 100]/massa de TFSA;

% areia = 100 - % silte - % argila.

% argila natural (argila dispersa em água) = [leitura corrigida × 100]/  
massa de TFSA

$$\text{Grau de flocculação} = \frac{(\text{argila total} - \text{argila natural})}{\text{argila total}} * 100$$

#### 4.4.2.2 Umidade do solo

Pesou-se 20 g de solo seco ao ar em uma lata de peso conhecido. (solo<sup>1</sup> + lata); Colocou a lata na estufa (24 horas ou até o peso ficar constante) a uma temperatura de 105 °C retirou-se a lata com o solo da estufa e faz-se a pesagem (solo<sup>2</sup> + lata); (EMBRAPA, 1997).

O peso da água é dado pela fórmula:

Peso da água = (Solo úmido + Lata) – (Solo seco + Lata)

Peso do solo à estufa é dado por:

Peso Solo Seco à Estufa = Peso do Solo Seco ao Ar – Peso da água.

$$\% \text{Umidade} = \frac{\text{Peso da água} * 100}{\text{Peso do Solo Seco na estufa}}$$

#### 4.4.2.3 Densidade real (DR)

Colocou-se o solo retirado da estufa (20 g – peso da água) em um balão volumétrico de 50 mL. Em seguida, colocou inicialmente 20 mL de álcool etílico no balão volumétrico contendo o solo seco a estufa sob agitação e depois completou-se o volume do balão com água destilada. E anotou-se o volume Total de Álcool Etílico gasto (20 ml + volume colocado no dia seguinte); (EMBRAPA, 1997).

Volume do solo é dado pela fórmula:

Volume do balão – Volume Total do Álcool Etílico.

A Densidade Real é dada pela seguinte equação:

$$\text{Densidade Real (Rd)} = \frac{\text{Peso do Solo Seco à estufa}}{\text{Volume do solo seco}} = (\text{g/cm}^3)$$

#### 4.4.2.4 Densidade aparente (Da)

Colocou-se de 35 a 40 mL de solo seco ao ar numa proveta de 100 mL, que zerada na balança digital (BEL Engineering – modelo: AAKER), bateu-se 10 vezes a proveta no lençol de borracha, e adicionou-se mais 35 a 40 mL do mesmo solo e repetiu-se a mesma batida no lençol de borracha. Completou-se a proveta com solo para 100 mL, seguido da pesagem da proveta. O cálculo da densidade aparente do solo é mostrada a seguir (EMBRAPA, 1997).

$$\text{Da} = \frac{\text{Peso do Solo Seco ao Ar} - \% \text{ umidade}}{\text{Volume da Proveta (100 mL)}} = (\text{g/cm}^3)$$

#### 4.4.2.5 Porosidade (P)

A porosidade foi encontrada baseada nas determinações dos valores da densidade real (Rd) e da densidade aparente (Da), conforme equação abaixo:

$$P = \frac{\text{Rd} - \text{Da} \times 100}{\text{Rd}}$$

### 4.4.3 Atributos biológicos

#### 4.4.3.1 Respiração edáfica

Pesou-se 50 g de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) em recipiente plástico 500 cm<sup>3</sup>, com fechamento hermético. Em seguida ajustou-se a umidade do solo para 60-70% da Capacidade de campo. Adicionou-se em cada recipiente contendo solo, um frasco contendo 30 mL da solução de NaOH 0,5 mol/L para captura do C-CO<sub>2</sub> e outro contendo 30 mL de H<sub>2</sub>O para manter a umidade constante. fechou hermeticamente o recipiente contendo o conjunto solo + solução de NaOH + H<sub>2</sub>O e incubou a temperatura ambiente (EMBRAPA, 1997).

Após as 48 horas de incubação, abriu-se o recipiente e retirou-se o frasco contendo o NaOH, tomando o cuidado para deixar cada recipiente contendo o solo aberto por 15 minutos para que ocorra a troca de ar. Decorrido o tempo, colocou-se outro frasco contendo 30 mL da solução de NaOH 0,5 mol/L e fechou hermeticamente o sistema para nova incubação. Enquanto aguardou-se o tempo para troca de ar, pipetou-se 10 mL da solução de NaOH 0,5 mol/L (previamente incubada com o solo), para um erlenmeyer de 125 mL, adicionar 10 mL de solução de BaCl<sub>2</sub> 0,05 mol/L e 3 gotas de fenolftaleína 1% em seguida titulou-se com solução de HCl 0,25 mol/L imediatamente após a adição do indicador. O ponto de viragem foi nítido, passando de violeta para incolor.

#### **Cálculo do C- CO<sub>2</sub> Evoluído**

O cálculo é apresentado em mg C-CO<sub>2</sub>/100 cm<sup>3</sup> de solo, durante o intervalo utilizado no monitoramento da amostra. A fórmula a seguir é utilizada para calcular esse valor:

$$C-CO_2 \text{ (mg)} = (B-V) * M * 6 * (V_1/V_2)$$

Onde:

B = Volume do HCl no branco (mL)

V = Volume do HCl gasto na amostra (mL)

M = concentração real do HCl (mol/L)

6 = massa atômica do carbono (12) dividido pelo número de mols de CO<sub>2</sub> que reagem com o NaOH (2)

V<sub>1</sub> = volume total de NaOH usado na captura do CO<sub>2</sub> (mL)

V<sub>2</sub> = volume de NaOH usado na titulação (mL)

A quantidade total de C-CO<sub>2</sub> produzido é igual ao somatório dos valores obtidos durante cada amostragem (EMBRAPA, 1997).

#### **4.4.3.2 Matéria orgânica**

Pesou-se aproximadamente 20g de solo, triturou em gral e passou em peneira de 80 mesh. Em seguida, pesou-se 0,5g de solo triturado e colocou em um erlenmeyer de 250 mL. Adicionou-se 10 mL (pipetados) da solução de dicromato de potássio 0,4N. Incluiu-se um branco com 10 mL da solução de dicromato de potássio e anotou-se o volume de sulfato ferroso amoniacal

gasto. Colocou-se um tubo de ensaio de 25 mm de diâmetro e 250 mm de altura cheia de água na boca do erlenmeyer, funcionando este como condensador. Aqueceu-se em placa elétrica até a fervura branda, durante 5 minutos. Depois, deixou esfriar e juntou 80 mL de água destilada, medida Com proveta, 2mL de ácido ortofosfórico e gotas do indicador difenilamina. Titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N até que a cor azul desapareça, cedendo lugar à verde. Anotou-se o volume de mililitros gastos.

### **Cálculo do Carbono orgânico**

$$C(\text{g/kg}) = [40 - (\text{volume gasto} * f)] * 0,6$$

$f = 40 / \text{volume de sulfato ferroso gasto na prova em branco.}$

A porcentagem de matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição do húmus, o carbono participa com 58% (EMBRAPA, 1997).

### **Cálculo da Matéria orgânica**

$$\text{Matéria orgânica (g/kg)} = C(\text{g/kg}) * 1,724$$

## **4.5 Análises Multivariadas**

Com os dados dos atributos físicos, químicos e biológicos, foi calculado o Índice de Deterioração (ISLAN & WEIL, 2000), para os atributos separadamente e em conjunto, por meio da soma da porcentagem dos desvios dos atributos químicos, físicos e biológicos dos respectivos valores obtidos para a área não desmatada (mata nativa), baseando-se na pressuposição de que o estado das propriedades individuais do solo das áreas modificadas era originalmente semelhante ao da vegetação natural. Realizou-se a análise multivariada de componentes principais com 18 variáveis, sendo atributos químicos (pH,CE,Ca, Mg, P, K, Na, CTC, V%, matéria orgânica), 6 atributos físicos (argila, areia, densidade do solo e de partículas, porosidade), e biológico (respiração) empregando-se o sistema de análise estatística ASSISTAT versão 7.5 beta (SILVA *et al.*,2005).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas áreas em estudo localizadas na Fazenda Boa Vista, município de São Domingos – PB, sendo área preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC), e na maior parte dos atributos químicos avaliados, não foi observado efeito da profundidade (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo das áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB.

Atributos do solo	AP		P		AC	
	0 a 15 cm	15 a 30 cm	0 a 15 cm	15 a 30 cm	0 a 15 cm	15 a 30 cm
pH CaCl <sub>2</sub>	5,6	5,5	6,5	6,5	6,4	6,2
pH H <sub>2</sub> O	6,3	6,1	7,5	7,5	7,2	7,2
CE <sub>1:5</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
P (mg dm <sup>-3</sup> )	86	100	131	133	70	70
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,37	0,50	0,53	0,38	0,48	0,40
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,17	0,20	0,37	0,40	0,28	0,37
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	14,8	13,4	11,8	10,2	16,2	16,6
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,0	3,6	0	0	0	0
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,3	6,1	4,9	4,7	6,1	6,5
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	25,6	23,8	17,6	15,7	26,1	23,9
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	21,6	20,2	17,8	15,7	26,1	23,9
V (%)	84	85	100	100	100	100
M.O. (g kg <sup>-1</sup> )	14,81	8,35	10,25	10,45	11,58	7,97

P, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>: Extrator Mehlich-1; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>: Extrator acetato de Ca<sup>2+</sup> 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7; Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>: Extrator KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>.

Na área preservada (AP) observou-se menores valores de pH, na camada mais profunda. E os maiores valores de pH foram observados para a área de pousio. Não houve variação da CE nas áreas e para as duas profundidades. Os teores de P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> foram superiores na área de pousio. Os teores de Ca<sup>2+</sup> foram maiores na área cultivada com feijão caupi, embora os de Mg<sup>2+</sup> tenham sido superiores tanto para a área AP e quanto para a AC, e não tenha sido alterado na área de pousio, enquanto que a CTC nas três áreas foram superiores na camada superficial. Observou-se que nas três áreas a saturação por bases foi sistematicamente superior nas áreas de pousio e cultivada não tendo diferença de profundidade.

Em relação aos atributos físicos, nas três áreas estudadas os teores de silte foram elevados, conferindo aos solos textura franco argilosa a argila siltosa (Tabela 2). Para cada área, em geral, não se observa diferenças marcantes nas frações granulométricas entre as profundidades de avaliação. A densidade do solo não sofreu efeito significativo da profundidade, porém foi semelhante nas três áreas avaliadas, apresentando valores moderados.

Como observado para a densidade do solo (Ds), a densidade de partículas (Dp), nas três áreas de estudo, foi semelhante entre as profundidades avaliadas (Tabela 2). Assim, a porosidade total do solo, estimada a partir de ambas variáveis, também não apresentou efeito da profundidade e nem do manejo.

**Tabela 2.** Atributos físicos do solo das áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB.

Atributos do solo	AP		P		AC	
	0 a 15 cm	15 a 30 cm	0 a 15 cm	15 a 30 cm	0 a 15 cm	15 a 30 cm
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	152,75	154,75	303	333,25	112,75	111
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	542	512,75	463	524,25	536,5	575
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	305,25	332,5	234	142,5	350,75	314
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,2025	1,245	1,29	1,2975	1,175	1,1875
Densidade de partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,5025	2,475	2,46	2,48	2,4	2,47
Porosidade total (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,5175	0,4975	0,475	0,475	0,51	0,52

Os indicadores biológicos de qualidade do solo das áreas avaliadas foram sensíveis às alterações ocorridas e em profundidade (Tabela 3). Os maiores teores de matéria orgânica (M.O.) foram obtidos na camada superficial, fato este já esperado, especialmente na área preservada.

**Tabela 3.** Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo das áreas preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB.

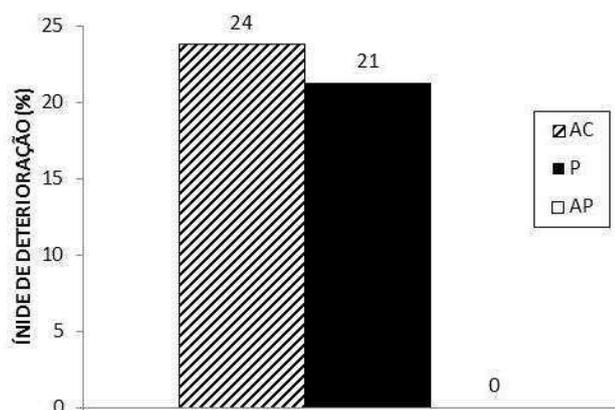
Atributos do solo	AP		P		AC	
	0 a 15 cm	15 a 30 cm	0 a 15 cm	15 a 30 cm	0 a 15 cm	15 a 30 cm
M.O. (g kg <sup>-1</sup> )	14,81	8,35	10,25	10,45	11,58	7,97
Respiração edáfica (mg C-CO <sub>2</sub> .100 cm <sup>3</sup> solo)	7,11	8,10	8,05	7,23	6,06	7,46

A atividade dos microrganismos medida pela respiração edáfica foi baixa para todos os ambientes, a maior ocorreu na área preservada diferindo dos outros ambientes, sobre melhores condições para a atividade microbiana, realizando dessa forma uma eficiente ciclagem dos nutrientes e também a mineralização da matéria orgânica. Maiores valores de atividade microbiana indicam perdas de C no sistema na forma de CO<sub>2</sub> (Melloni et al., 2008). Segundo Martins et al. (2010), aumento nos valores de CO<sub>2</sub> estão relacionados à resposta a mineralização da matéria orgânica ou pode também indicar estresse ambiental (Moreira & Siqueira, 2006). Silva et al. (2012) verificaram em solos de áreas agrícolas, florestais e pastagens no Médio Vale do Paraíba do Sul, RJ verificaram que a respiração edáfica medida pelo CO<sub>2</sub> aumentou nas áreas manejadas, como observado neste trabalho.

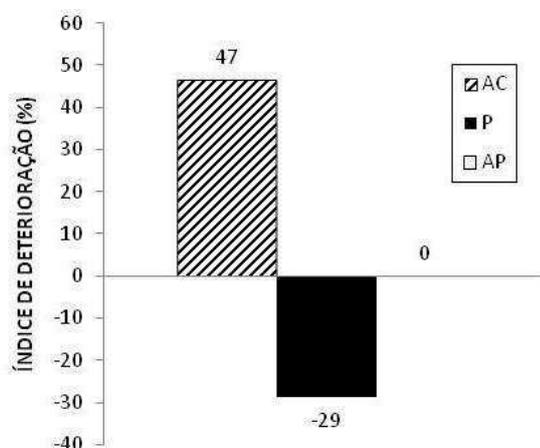
E o índice de deterioração indicou comportamentos destes atributos, que para a profundidade de 0 a 15 cm, a área de pousio e a cultivada com feijão apresentaram os atributos químicos alterados positivamente em relação à área preservada. Porém, na época profundidade de 15 a 30 cm, a área pousio teve os atributos químicos piorados 29% em relação à área de referência.

Já para cultivada com feijão caupi, o índice de deterioração indicou que os atributos químicos tiveram uma melhoria de 47% em relação à área de referência (Figuras 3 e 4). E estes resultados corroboram com os trabalhos de Amado & Mielniczuk (1999) e Conceição *et al* (2005) que afirmam que sistemas que utilizam leguminosas são uma eficiente estratégia para recuperar o solo.

**Figura 3.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos químicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade de 0 a 15 cm.

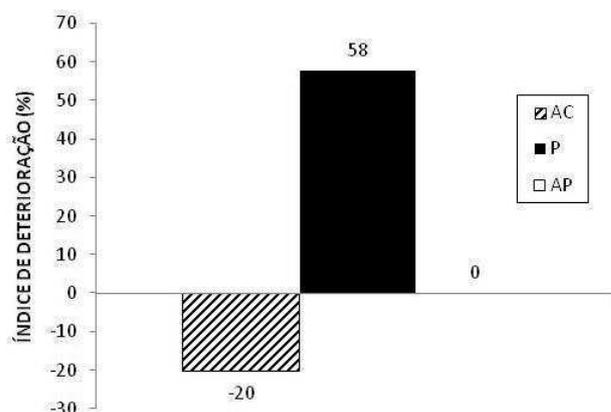


**Figura 4.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos químicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade de 15 a 30 cm.

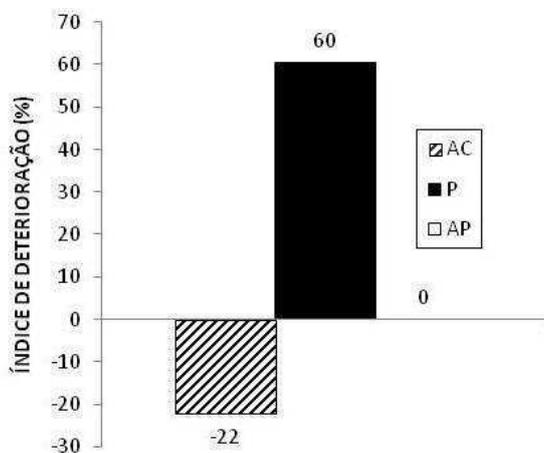


Para os atributos físicos, o índice de deterioração indicou que para as duas profundidades, a área cultivada teve os atributos piorados em relação à área preservada, enquanto a área de pousio apresentou uma melhoria de 47% (Figuras 5 e 6).

**Figura 5.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos físicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) a profundidade de 0 a 15 cm.

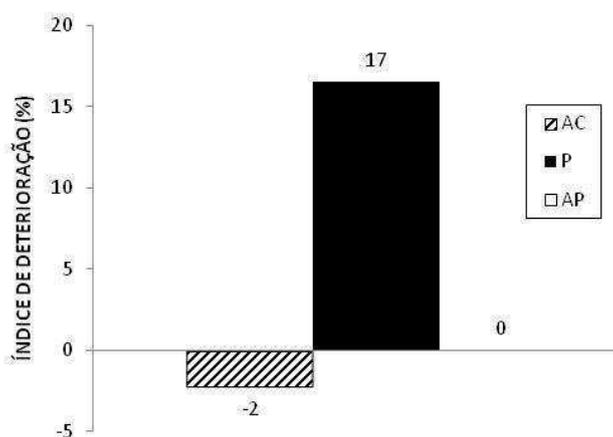


**Figura 6.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos físicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade de 15 a 30 cm.

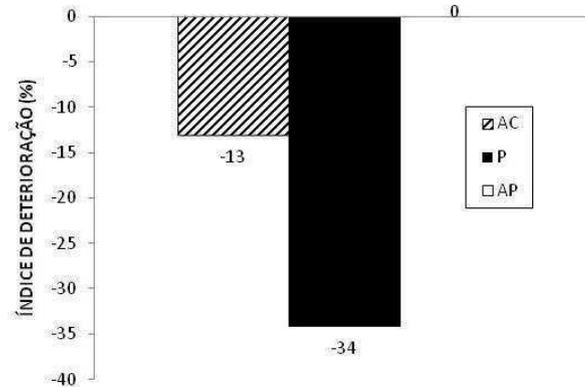


Este comportamento foi observado para o índice de deterioração dos atributos biológicos, que na profundidade de 0 a 15 cm uma melhora de 17% para área de pousio e quando comparada à área de referência (Figuras 7 e 8). Porém na profundidade de 15 a 30 cm. Esse cenário modificou-se, correspondendo a um índice de deterioração de 13% a 34% em relação à área de referência para as áreas cultivada e em pousio respectivamente.

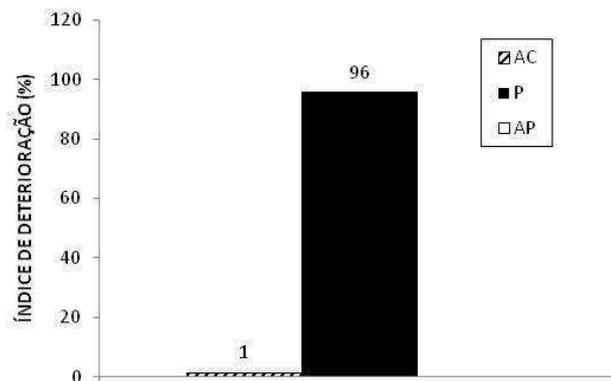
**Figura 7.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos biológicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade 0 a 15 cm.



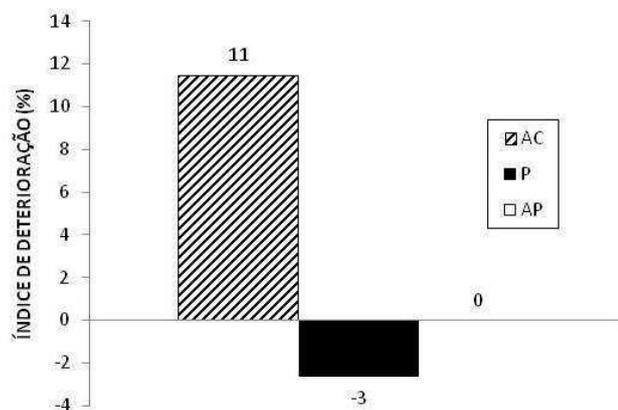
**Figura 8.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos biológicos para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para a profundidade 0 a 15 cm.



**Figura 9.** Índice de deterioração (%) utilizando todos os atributos do solo para as áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para época seca.

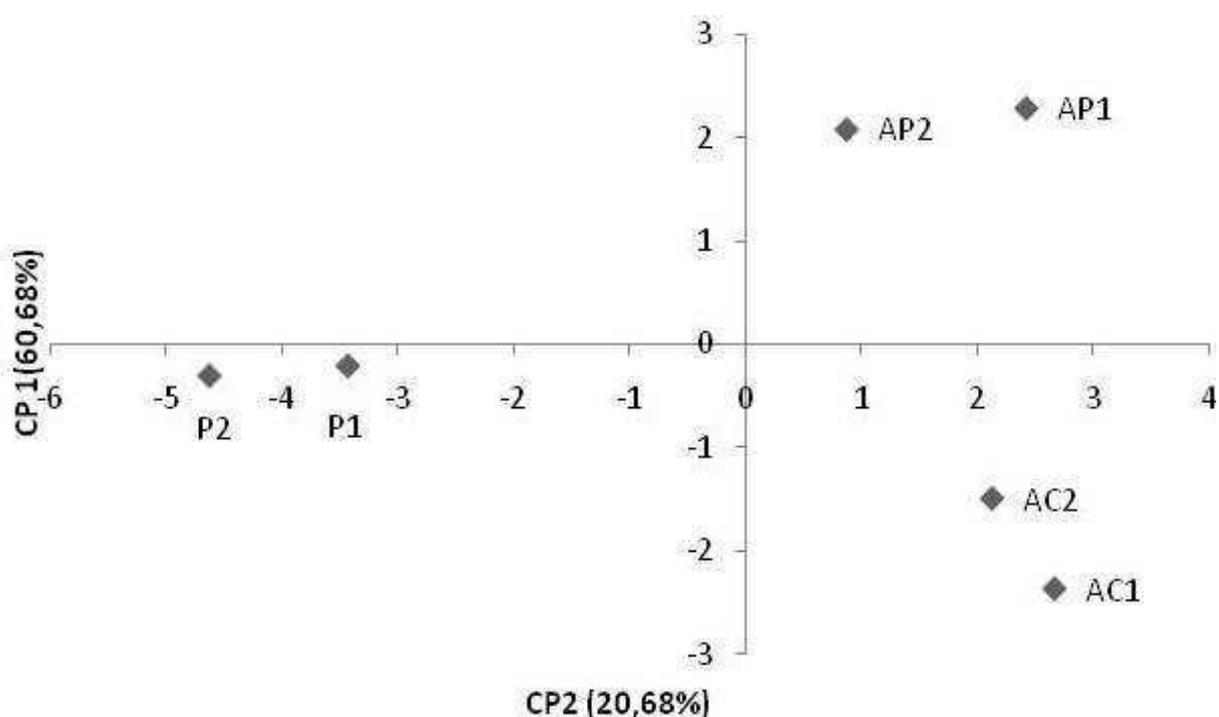


**Figura 10.** Índice de deterioração (%) utilizando todos os atributos do solo para áreas: preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) para época chuvosa.



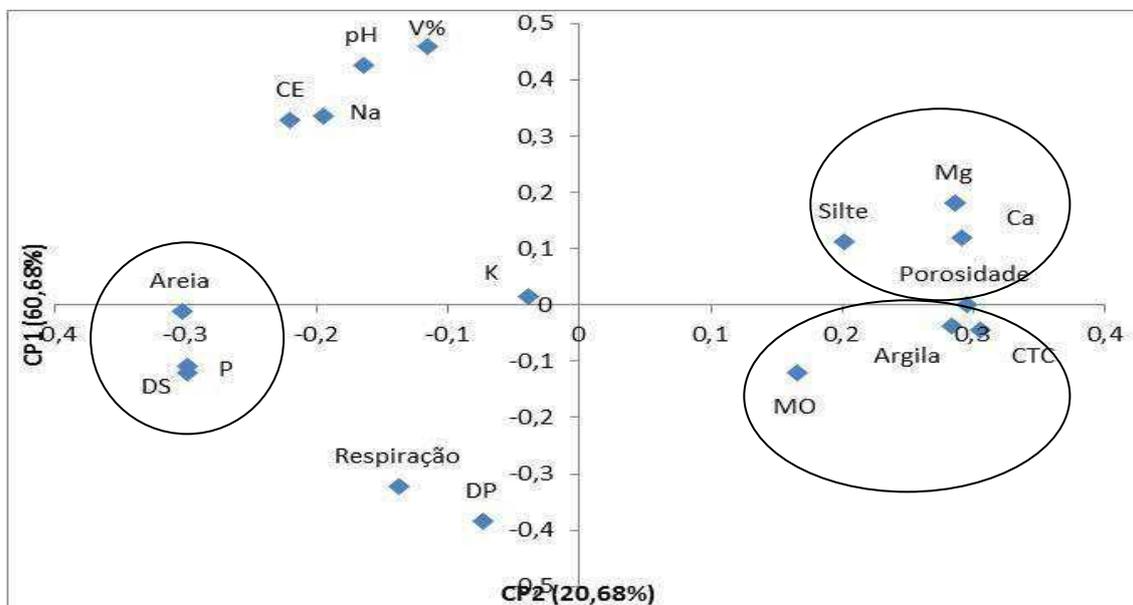
A análise de componentes principais, para as profundidades, permitiu a visualização de que a área em pousio (ADQ) possui características químicas, físicas e biológicas que se diferem da área cultivada (AC), e mais distante da área preservada (Figura 11).

**Figura 11.** Distribuição dos escores das áreas preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB. Relação entre primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.



Os componentes principais (CP1 e CP2) compuseram para as duas profundidades, 81,36% da variância total dos dados, onde, CP1 apresentou 60,68% da variância total e o CP2 compôs 20,68%. Pode-se notar, inicialmente, a grande separação espacial da área de pousio em relação às demais áreas (AP e AC). Essa separação é facilmente evidenciada na Figura 9 e evidenciou-se que a diferenciação entre as áreas (AC, P e AP), é reflexo dos valores dos atributos estudados. Melloni et al (2008) estudando a qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagens no sul de Minas Gerais, através de análise de componentes principais dos atributos químicos, físicos e biológicos, semelhantes aos estudados neste trabalho, mostrou-se eficiente na discriminação dos diferentes ecossistemas, sendo portanto recomendados em estudos da qualidade ambiental.

**Figura 12.** Distribuição dos escores dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo das áreas preservada (AP), pousio (P) e área cultivada com feijão caupi (AC) nas duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), na fazenda Boa Vista no Município de São Domingos – PB. Relação entre primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.



Em um estudo com atributos químicos e microbianos de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco, Martins et al.(2010) avaliaram ambientes conservados, moderadamente degradado e ambiente degradado, e através das análises de componentes principais demonstraram que alguns atributos químicos e microbianos são mais sensíveis ao avanço da degradação do solo, comportamento semelhante a esse trabalho.

O mesmo foi observado em ambientes de voçoroca localizados no Sul de Minas Gerais, por Gomide et al. (2011) através da análise de componentes principais de atributos químicos, físicos e biológicos, sendo os mesmos deste estudo, e concluíram que os atributos foram sensíveis ao refletirem o estado de degradação dos ambientes de voçoroca.

Diante disso, as áreas avaliadas foram sensíveis as alterações ocorridas e os efeitos das mudanças do uso do solo. No entanto, as mudanças afetaram não só os atributos físicos e químicos, como os biológicos do solo pelo manejo inadequado, nas profundidades, de tal forma causando impactos negativos no solo, visto que, foram necessárias as combinações de diferentes atributos, o que corroborou com outros estudos (BROOKES, 1995; PEIXOTO,

2010;MELLONI et al.,2008; MARTINS et al., 2010; GOMIDE et al., 2011, SILVA et at 2012).

## 6. CONCLUSÕES

Mediante os resultados obtidos por meio das análises realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas das três áreas estudadas (AC, P e AP), da Fazenda Boa Vista, concluiu-se que houve influência da mudança de manejo sobre os atributos químicos, físicos e biológicos. Diante disso, ocorreu diferenciação nos indicadores químicos, físicos e biológicos entre as áreas (AC, P e AP), para as duas profundidades;

Com base nesses atributos analisados, os índices de deterioração calculados para as áreas manejadas indicaram modificações nos atributos quando comparou com a área preservada, nas duas profundidades.

A análise de componentes principais, para as profundidades, permitiu a visualização de que a área em pousio (P) possui características químicas, físicas e biológicas que se diferem da área cultivada (AC), e mais distante da área preservada (AP).

Os componentes principais (CP1 e CP2) compuseram para as duas profundidades, 81,36% da variância total dos dados, onde, CP1 apresentou 60,68% da variância total e o CP2 compôs 20,68%.

As alterações ocorridas nas áreas analisadas não comprometeram a qualidade dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Desta forma conclui-se que o solo da fazenda Boa Vista possui uma boa fertilidade e que as alterações sofridas pelo manejo agrícola do uso do solo não alteraram de modo significativo os seus atributos analisados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB' SABER, A. N. **Ecosistemas do Brasil**. São Paulo: Meta livros, 2006. 299p.
- ALCÂNTARA, F. A. A & MADEIRA, N. R.; **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Circular Técnica 64. Embrapa hortaliças. Brasília, DF Julho, 2008.
- ALOVISI, A. M. T. et al. **Alterações de atributos físicos e químicos de solo sob sistemas de manejo em Dourados - MS**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. Anais. Gramado: SBCS, 2007. p.1-4. 2008.
- AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38(9), p. 1097-1104, 2003.
- ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M.R.V. **Análise da cobertura de duas fisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba**. R. Cerne, 11: 253-262, 2005.
- ANDRES, A.; AVILA, L. A.; MARCHEZAN, E.; MENEZES, V. G. Rotação de Culturas e Pousio do Solo na Redução do Banco De Sementes de Arroz Vermelho em Solo de Várzea. **Rev. Bras. de Agrociência**, v.7 n. 2, p. 85-88, mai-ago, 2001.
- ANJOS, J. T.; UBERTI A. A. A.; VIZZOTTO V. J. ; LEITE G. B.; KRIEGER M.; Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.139-145, 1994.
- ARATANI, R. G.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.677-687, 2009.
- 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. et al. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 38, n. 1, p. 15-20, 2003.

BARBER, R. G.; ORELLANA, M.; NAVARRO, F.; DIAZ, O.; SORUCO, M. A. **Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolivia.** Soil and Tillage Research, Madison, v.38, p.133-152, 1996.

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.

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).

BELTRAME, L. F. S.; Taylor, J. C. **Causas e efeitos da compactação do solo.** Lav. Arroz., v.33, p. 59-62, 1980.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 7. ed. atual. E ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005. 611p.

BLUM, W. E. H.; SANTELISES, A. A. A concept of sustainability and resilience based in soil functions. In: GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. (Org.) **Soil resilience and sustainable land use.** Wallingford: CAB, 1994. p. 535-542.

BOUYOUCOS, G. J. **Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils.** Agronomy Journal, v. 54, p. 464-465, 1962.

BREJDA, J.J.; KARLEN, D.L.; SMITH, J.L.; ALAN, D.L. **Identification of regional soil quality factors and indicators:** II. Northern Mississippi Loess Hills and Paulo se Prairie Soil Science Society of America, v. 64, p. 2125-2135, 2000.

BRITO, M. DE M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. DA. Marcha de absorção do Nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) WALF) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com o uso de <sup>15</sup>N. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 3, p. 895 – 905. 2009.

BROOKES, P.C. **The use of microbial parameters in soil pollution by heavy metals.** Biol. Fert. Soils, 19:269-279, 1995.

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

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, J. E. B. de; DIAS, R. C. dos S.; MELO FILHO, J. F. de; NASCIMENTO, P.dos S.; DIAS, C. B. **Efeito de sistemas de manejo nos indicadores químicos de qualidade do solo**. 2007. Artigo em Hyper texto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_2/Indicadores/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/Indicadores/index.htm)>. Acesso em: 25/2/2014 às 17:45 hs.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5(2), p.25

CHAER, G. M. TÓLOLA, M. R. **Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo**. R. Bras. Ci. Solo, 31:1381 – 1396,2007.

CHAVES, L. H. G.; TITO, G. A.; CHAVES, I. B.; LUNA, J. G.; SILVA, P. C. M. Propriedades químicas do solo aluvial da ilha de assunção – Cabrobó (Pernambuco). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 431-437, 2004.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira: **grãos, sexto levantamento**, março de 2011. CONAB, 2012.

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 Ciências do Solo**, v. 29, p.777-788, 2005.

CORRÊA, R.M. **Avaliação de atributos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado do vale do rio São Francisco**. Recife: UFRPE, 2007. 134p. Tese Doutorado.

COSTA, F. S.; ALBURQUEQUE, J. A. BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; Propriedades Físicas de um Latossolo Bruno Afetadas pelo sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.527-535, 2003.

CPRM - **Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de São Domingos de Pombal, estado da Paraíba/ Organizado por João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 390p.

CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, v. 1(1), p.27-36, 2001.

DIAS, N. da S.; MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R.; SILVA, F. V. da; BARROS, A. D. de. Evolução da salinidade em um Argissolo sob cultivo de melão irrigado por Gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8(2-3), p.240-246, 2004.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Quantitative indicator of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A. J. (Org.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: SSSA, 1996. p. 25-37.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society America, 1994. v.35. p.3-22.

DUMANSKI, J.; PIERI, C. Land quality indicators: research plan. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 81, p. 93-102, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Ver atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Cultivo de Algodão Irrigado**. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado/solos.htm>>. EMATER/RS. **Semeando ideias para colher alimentos**. Acessado em 20 de março de 2014 às 10:20hs.

FAO. Disponível em: [www.fao.org.br/sustentabilidade.asp](http://www.fao.org.br/sustentabilidade.asp). Acessado em 17 março de 2014 às 14:00 hs.

FERREIRA, D. F. **Análise multivariada**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996. 394p. (Textos acadêmicos).

FIALHO, J. S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T. S.; JÚNIOR, J. M. T. S.; Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-Ce. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.3, p.250-257, 2006.

FRAGA, V.S.; SALCEDO, I.H. **Declines of organic nutrient pools in tropical semiarid soils under subsistence farming**. Soil. Sci. Soc. Am. J. 68:215-224. 2004.

FRANCA-ROCHA, W.; SILVA, A. de B.; NOLASCO, M. C.; LOBÃO, J.; BRITTO, D.; CHAVES, J. M.; ROCHA, C. C. da. **Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2629-2636.**

FREIRE, M. B. G. S. **Saturação por sódio e qualidade da água de irrigação na degradação de propriedades físicas de solos do Estado de Pernambuco.** Viçosa: UFV, 2001. 66 p. Tese Doutorado.

FREITAS, D. A. F.F; SILVA, M. L.N; CARDOSO, E.L; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativos adjacente. **Revista de Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 417-428, jul-set, 2012.

FREITAS, R. A. C.; FILHO. S. A. MARACAJÁ. B. P.; FILHO. D. T. E.; LIRA. B. F. J. Estudo florístico e fitossociológico do extrato Arbustivo-Arbóreo de dois ambientes em Messias Targino, divisa RN/PB. **Revista Verde**, v.2, n.1, p. 135-147. 2007.

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).

GALINDO, I.C.L.; RIBEIRO, M.R; SANTOS, M.F.A.V.; LIMA, J.F.W.F.; FERREIRA, R.F.A.L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba - PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1283-1296, 2008.

GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; KAMINSKI, J. & RHEINHEIMER, D.S. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Cienc. Rural** [online], v.33(2), p. 283-290, 2003.

GHINI, R & ZARONI, M. M. H. Relação entre Coberturas Vegetais e Supressividade de Solos a *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia brasileira**. 26(1), março 2001.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38(9), p. 1097-1104, 2003.

GLOVER, J. D. *et al.* Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 80, n. 01/02, p. 29-45, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. [2007]. Disponível na internet via: [http://www.ibge.gov.br/cidadesat/historicos\\_cidades/historico\\_conteud.php?codmun=261100](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/historicos_cidades/historico_conteud.php?codmun=261100). Arquivo acessado em 18 de março de 2014.

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

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, Madison. v. 61, p. 4 – 10,1997.

KLEIN, Vilson Antônio. **Física do solo** / Vilson Antonio Klein. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

LANDI, M. P. M.; DUBOIS, J. C. **Aspectos Socioeconômicos da agricultura Migratória na Comunidade Rural de Barra Alegre-Bom Jardim/ RJ**. 19-27 pp. In: CAMPELLO, E. F. C. (ed.). Seminário sobre Agricultura Migratória na Região Serrana do Rio de Janeiro. Seropédica: EMBRAPA-Agrobiologia, 2004; 86p.

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. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 37-51.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stress**. Academic press. New York, 1972, 697p.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; COSTA, D.B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em Argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.35, p.51-60, 2011.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R.; RIBEIRO, A. Í. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3(3), p. 276-280, 1999.

LOURENTE, E. R.P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPERINI, A. S.; NUMES, C. N.; **Atributos Microbiológicos, Químico e Físico de Solo Sob Diferentes Sistemas de Manejo e Condições de Cerrado**. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 41, n. 1, p. 20-28, jan./mar. 2011.

MAGALHÃES, L. M. S.; FREITAS, W. K de. **Fragmentos Florestais em Pequenas Propriedades Rurais: bases para o seu Manejo e Conservação**. 28-35 pp. In: CAMPELLO, E. F. C. (ed.). Seminário sobre Agricultura Migratória na Região Serrana do Rio de Janeiro. Seropédica: EMBRAPA-Agrobiologia, 2004; 86p.

MANSOUR, M. M. F.; SALAMA, K. H. A. **Cellular basis of salinity tolerance in plants**. Environmental and Experimental Botany, v.52 (2), p.113, 2004.

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

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1177-1182, jun. 2000.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1177-1182, jun. 2000.

MARTINS, C.M.; GALINDO, I.C.L.; SOUZA, E.R.; POROCA, H.A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1883-1890, 2010.

MELLONI, R; MELLONI, E.G. P; INÊS, M; ALVARENGA, N; VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 2461-2470, 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.

MENEZES, R.I. Q; NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; SILVA, N.L. **Efeito da queimada e do pousio sobre a fauna de um sob Caatinga no Semiárido Nordestino**. IN: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 42, 2005, Goiânia. Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. CD-ROM.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. **Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semiárido paraibano**. In: SILVEIRA, L.M.; PETERSEN, P. & SABOURIN, E., orgs. Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: Avanços a partir do Agreste da Paraíba. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002.p.249-260.

MIELNICZUCK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. Cap.1, p.1-6.

MMA - MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: Monitoramento do Bioma Caatinga**. Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA 2008-2009, BRASÍLIA: 2011. 46 p. <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga> acesso em 22 de março de 2014.

MMA - MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: Monitoramento do Bioma Caatinga**. Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA 2008-2009,

BRASÍLIA: 2011. 46 p. <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga> acesso em 21 março de 2014.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L.; **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 768 p.

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

NAHAS, E. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R.G.; FAQUIN, V.; FURTIN NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. Eds. **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelation ships. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, p. 467-486, 1999.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. MENEZES, R. I. Q. **Impacto da Queimada e do Pousio Sobre a Qualidade de um Solo Sob Caatinga no Semiárido Nordeste Caatinga (Mossoró, Brasil)**, v.19, n.2, p.200-208, abril/junho 2006.

OLIVEIRA, A. P. SILVA, V. R. F; ARRUDA, F. P. de; NASCIMENTO, I. S. do; ALVES, A. U. Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.21, n1. Brasília, 2003.

OLIVEIRA, R. R de. O Rastro do Homem na Floresta: **sustentabilidade e funcionamento da Mata Atlântica sob manejo caçara**. (Dissertação) Rio de Janeiro: IGEO/ UFRJ, 1999.p. 148.

PEIXOTO, F. G. T. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos do estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados**. 2010. 69 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

RAMOS, F. T.; NUNES, M. C. M.; CAMPOS, D. T. S.; RAMOS, D. T.; MAIA, J. C. S. Atributos físicos e microbiológicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico típico sob cerrado nativo e monocultivo de soja. **Rev. Bras. de Agroecologia**. 6(2): 79-91 (2011).

REYNOLDS, W.D. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, n.1-2, p.131-146, 2002.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, F.B.R. **Fertilidade dos solos do semiárido do Nordeste**. In: PEREIRA, J.R.; FARIA C.M.B. (eds.), Fertilizantes: insumo básico para a agricultura e combate à fome. CPATSA-EMBRAPA/SBCS, Petrolina, Brasil, pp. 51-71. 1995.

SÁNCHEZ, L. H.. **Avaliação de Impactos Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTANA, J. A. S.; PIMENTA, A. S.; SOUTO, J. S.; ALMEIDA, F. V.; PACHECO, M. V. Levantamento florístico e associação de espécies na caatinga da estação ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte, RN, Brasil. **Revista Verde**, v. 4, n. 4, p. 83-89, 2009.

SANTOS, D. C. F.; GRAZZIOTTI, P. H.; SILVA, A. C.; TRINDADE, A. V.; SILVA, E. B.; COSTA, L. S. DA; COSTA, H. A. ORLANDI Microbial and Soil Properties in Restoration Areas in The Jequitinhonha Valley, Minas Gerais **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.35, p. 2199-2206, 2011.

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

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A.A. review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, v.138, n.1-3, p.335-356, 2000.

SCHROTH, G.; LEHMANN, J. Nutrient capture. In: SCHROTH, G.S.; SINCLAIR, F.L. (Ed.). Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods. Wallingford: CABI, 200 SILVA, A. P. **Influência do pousio nas propriedades físicas e químicas dos solos em bioma de Mata Atlântica: o caso de São Pedro da Serra – Nova Friburgo**. (Monografia) São Gonçalo: DGEO FFP/UERJ, 2005. 68 p.

SECCO, D.; DA ROS, C.O.; SECCO, J.K. & FIORIN, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ciência do Solo**, 29:407-414, 2005.

SHEPHERD, T.G. **Visual Soil Assessment** (Volume 1) - Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country. Horizons.mw & Landcare Research, Palmerston North, 84 p. 2000.

SILVA, A. P. **Influência do pousio nas propriedades físicas e químicas dos solos em bioma de Mata Atlântica: o caso de São Pedro da Serra – Nova Friburgo**. (Monografia) São Gonçalo: DGEO FFP/UERJ, 2005. 68 p.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; SISTEMAS DE MANEJO E QUALIDADE ESTRUTURAL DE LATOSSOLO ROXO. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.35, n.12, p.2485-2492, dez. 2003. p.167-174.

SOARES, A.L.; PEREIRA, J.P.A.R.; FERREIRA, P.A.A.F.; VALE H.M.M.; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, M.S. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). I – caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p.795-802, 2006.

SOUZA, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo.**, 27: 1113 – 1122, 2003.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil Plant Sci.**, v. 49, p. 1-24, 1999.

STIRZAKER, R. J.; PASSIOURA, J. B.; WILMS, Y. Soil structure and plant growth: impact of bulk density and biopores. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 185, p. 151-162, 1996

STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídrica do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6(2), p. 207-212, 2000.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. [online], v. 23(3), 2001.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos biológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V. V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R., BARROS, N.F.; MELO J.W. V; COSTA, L.M (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002, vol. 2, p. 195-276.

VASCONCELOS, L. G. T. R.; KATO, O. R.; VASCONCELOS, S. S.; Matéria orgânica leve do solo em sistema agroflorestal de corte e trituração sob manejo de capoeira. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v.47, n.8, p.1142-1149, ago. 2012.

VAZ, L. M. S. & GONÇALVES, J. L. M. Uso de biossólidos em povoamento de eucalipto: Efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p.747 – 758,2002.

XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícola orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 247-258, 2006.