

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO**

CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DO SOLO EM UM
LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO SOB DIFERENTES
SISTEMAS DE MANEJO**

Emylly Figueredo Leal

PETROLINA-PE

2017

EMYLLY FIGUEREDO LEAL

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DO SOLO EM UM
LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO SOB DIFERENTES
SISTEMAS DE MANEJO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE Campus
Petrolina Zona Rural, exigido para a
obtenção de título de Engenheiro
Agrônomo.

PETROLINA-PE

2017

EMYLLY FIGUEREDO LEAL

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DO SOLO EM UM
LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO SOB DIFERENTES
SISTEMAS DE MANEJO**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado
ao IF SERTÃO-PE Campus Petrolina Zona
Rural, exigido para a obtenção de título de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: ____ de _____ de ____

Professor Dr. Cícero Antonio de Souza Araujo
(Orientador)

Professor Dr. Fabio Freire de Oliveira
(Membro da banca examinadora)

Dra. Juciléia Soares da Silva
(Membro da banca examinadora)

Agradecimentos

À Deus, por todas as graças recebidas e pela sua fidelidade e cuidado comigo.

Ao Dr. Cícero Antonio, pela orientação e ensinamentos compartilhados desde o Curso de Fruticultura Irrigada até momento.

Aos meus pais, Ernando e Mirtes, pelo amor e apoio em todas as fases da minha vida. A minha irmã Emyllena e Sobrinha Ana Iara pelo carinho e apoio. Ao meu namorado Gabriel Lira pelo amor e incentivo. Sem vocês seria muito difícil.

Aos meus colegas do curso que estiveram comigo nesta fase e por todo carinho, dedicação na realização dos trabalhos.

Ao IF - Instituto Federal do Sertão Pernambucano onde minha história acadêmica foi iniciada e que guardo com carinho os momentos vividos.

A todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Muito Obrigada !!

"Direi do Senhor: Ele é o meu Deus, o meu refúgio, a minha fortaleza, e nele confiarei. "
Salmos 91:2

RESUMO

A degradação da qualidade do solo está associada a uma série de alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. O objetivo deste foi avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos de qualidade de um Latossolo Amarelo distocoeso argissólico em função da substituição da mata nativa por diferentes sistemas de uso. A qualidade do solo foi avaliada em quatro áreas experimentais cujos usos podem ser assim caracterizados: Uso 1 - girassol: área com plantio direto de girassol há cerca de cinco anos; Uso 2 – Área de eucalipto com 20 anos de implantação; Uso 3 – Pastagem; Uso 4 – Mata nativa (área de referência): fragmento de Mata Atlântica preservado. As amostras foram coletadas em 10 pontos por área, espaçados de 12 metros, na profundidade de 0–20 cm, totalizando 40 amostras não deformadas (coletadas com extrator de solo tipo Uhland) e deformadas (coletada com trado pedológico). Para a avaliação do estado de qualidade do solo e comparação entre as áreas de estudo, foram avaliados os seguintes atributos: densidade do solo, densidade da partícula, porosidade total, resistência do solo à penetração vertical, pH, CTC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K^+ , Al^{3+} , Al + H, M.O, respiração microbiana (ao 7 dias e aos 15 dias). Os resultados mostram que os bioindicadores foram que apontaram mais ao índice de qualidade da mata, os altos níveis de potássio e sua rápida liberação na serapilheira da mata de eucalipto podem ser a explicação dos altos teores deste elemento nesta área, finalmente o Sistema de plantio direto apresentou o melhor índice de qualidade de solo comparado com todas as áreas estudadas, mostrando-se como uma alternativa que permite o melhoramento das características do solo.

Palavras chaves: propriedades do solo, indicadores de qualidade, manejo sustentável

Abstract

Soil quality degradation is associated with alterations of chemical, physical and biological soil's properties. The objective of this study was to evaluate the physical, chemical and biological quality attributes of a Latossolo Amarelo disticoeso argissolico (Lax)(cohesiveOxisol) as a function of the substitution of the native forest for different systems of use. The soil studied was a Principal component approach was used for the soil's evaluation. Soil quality was evaluated in four experimental areas, land uses were: 1- sunflower (no tillage area), 2- twenty year Eucalyptus forest, 3- grassland area, 4- native atlantic forest (reference area). Ten soil samples (twelve meter spaced) were collected per area from 0 to 0.20 m. For soil quality index calculation were evaluated the following parameters: soil density, total porosity, soil penetration resistance, pH, CTC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, k^+ , Al^{3+} , $Al+H$, SOM, soil respiration (7 and 15 days). Results show that biological indicators were most important in native forest, high potassium levels in sackcloth can explain high potassium levels in eucalyptus forest soil's Finally not tillage system had the best soil quality index, this management system shows it as alternative to improve soil properties.

Keywords: soil properties, quality indicator, sustainable management

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Índice de qualidade de solo obtidos dos diferentes sistemas de manejo. Onde área 1 refere-se ao Girassol; Área 2 o eucalipto; área 3 a pastagem e área 4 mata de Cazuzinha24

LISTA DE TABELA

Tabela 1-Characterização e histórico da área	16
Tabela 2-Pesos e scores usados para a determinação do índice de um Latossolo Amarelo distrocoeso argissólico em função da substituição da mata nativa por diferentes sistemas de uso.	20
Tabela 3-Valores padronizados pelo método linear e índices de qualidade de um latossolo distrocoeso submetido a diferentes tipos de manejo.	20

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1.	Qualidade do solo	12
2.2.	Atributos de qualidade do solo	13
3.	OBJETIVOS	15
3.1.	Objetivo Geral	15
3.2.	Objetivos específicos.....	15
4.	MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1.	Tratamentos e amostragens	16
4.2.	Indicadores e métodos de avaliação.....	16
4.3.	Critérios utilizados para avaliar o índice de qualidade do solo (IQS).....	17
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6.	CONCLUSÃO	24

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural fundamental para a diversidade de vida existente no Planeta Terra, no entanto, o mesmo vem sofrendo significativas alterações em sua qualidade quando utilizado na agricultura e pecuária, principalmente quando manejado de forma inadequada (Pereira, 2010). A substituição de áreas de vegetação natural por culturas agrícolas, pastagens e reflorestamentos ocasiona um desequilíbrio no ecossistema, uma vez que a técnica de manejo empregada influencia os processos físicos, químicos e biológicos, modificando suas características, propiciando sua degradação e dificultando sua utilização ou aproveitamento agrícola. (Santos, 2007). Essa alteração promove uma degradação de sua qualidade, devido a retirada da cobertura vegetal, o uso excessivo da mecanização, a falta de domínio de tecnologias e de estudos preliminares sobre as características do solo. A manutenção da qualidade do solo passa a ser uma preocupação frequente, contudo, essa manutenção só é possível quando se entende como o uso antrópico altera efetivamente o solo (Santos, 2007).

A qualidade do solo por definição é "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 (Doran e Parkin, 1994). Conceito que atribui ao solo várias funções, tem sido proposta como um indicador integrado da qualidade do ambiente e da sustentabilidade da produção agrícola. O processo de avaliação da qualidade do solo necessariamente envolve a seleção de indicadores, os quais são atributos que podem ser utilizados para avaliar o comportamento de um solo específico. Um indicador eficiente deve ser sensível às variações do manejo, bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, capaz de elucidar os processos do ecossistema, compreensível e útil para o agricultor e, de mensuração fácil e barata (Doran e Parkin, 1994, Doran e Zeiss., 2000)

O monitoramento dos atributos do solo sob diferentes sistemas de manejo é uma estratégia eficiente para avaliar a sustentabilidade das práticas agrícolas e recomendar o manejo mais apropriado, visando à conservação dos recursos naturais e o incremento da produtividade (Doran e Parkin, 1994; Fialho et al., 2008, Pereira, 2010).

Em um ambiente com grande diversidade a utilização da análise multivariada torna mais claras as inúmeras interrelações que ocorrem em que é avaliada numerosas propriedades do solo (Manly, 2008) no qual os diferentes usos do solo, como florestas, áreas de pastejo, culturas perenes, áreas cultivadas com ou sem mobilização do solo imprimem essa grande variação nas propriedades.

Desta forma, é importante estudar a qualidade do solo com objetivo de conhecer e entender suas propriedades, e tornar possível o manejo, a manutenção e a melhoria das características do solo de maneira racional, propiciando a otimização da sua utilização, bem como preservando seu potencial para uso futuro (Pereira, 2010). Neste sentido, o objetivo deste foi avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos de qualidade de um Latossolo Amarelo distocoeso argissólico em função da substituição da mata nativa por diferentes sistemas de uso.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Qualidade do solo

A qualidade do solo é determinada por um conjunto de atributos físicos, químicos e biológicos que representam as distintas características do solo, influenciando nas suas diferentes funções. Esses atributos podem estimar a relação entre o manejo e a qualidade do solo (Doran; Parkin, 1994), no entanto, identificar atributos que atendam ao conceito de qualidade do solo é complexo devido às várias características que controlam os diferentes processos biogeoquímicos e suas variações em decorrência do tempo e do espaço (Pinto, 2014). Por esse motivo, a variação dos atributos do solo na vegetação nativa é muito reduzida quando comparada com a dos solos de uso agrícola, podendo a mesma ser considerada um referencial (Freitas et al., 2014)., pois representa condições ecológicas de equilíbrio ambiental, ou com parâmetros ideais, que estejam ligados a conservação e valores ótimos da produção e que devem ser sensíveis ao manejo numa escala de tempo que permita a verificação (Doran e Parkin, 1994, Santos, 2010).

A produtividade desses ecossistemas naturais e de agroecossistemas introduzidos e raramente fertilizados, depende da ciclagem dos nutrientes, existente na serapilheira e da matéria orgânica do solo. (Moreira e Malavolta ,2004), Deste

modo, o grau de impacto da remoção da floresta nativa para utilização do solo em cultivos agrícolas, está relacionado ao manejo do sistema produtivo e das práticas agrícolas adotadas (Silva et al., 2007; Cardoso et al., 2009).

Segundo Araujo (2007), a escolha do método e dos parâmetros depende dos objetivos, recursos disponíveis, condições do contexto local e da pesquisa além das características do solo analisado.

2.2. Atributos de qualidade do solo

A qualidade do solo não pode ser diretamente mensurada, havendo a necessidade do estabelecimento e determinação de atributos do solo que funcionem como indicadores de qualidade (Seybold et al., 1999).

As modificações que ocorrem com a substituição de um sistema em equilíbrio, como mata nativa por cultivos agrícolas são dependentes de fatores como o clima, sistema de manejo adotado, a cultura plantada. Desta forma, os solos podem sofrer inúmeras alterações nos seus atributos e a vegetação nativa sem interferência antrópica pode ser empregada como um referencial para a avaliação da qualidade dos solos por meio de seus atributos, devido à menor variação dos mesmos nessas áreas, onde teoricamente mantém suas características naturais e em equilíbrio (Santos, 2010).

Tornar-se necessário o uso de um conjunto mínimo de indicadores que apresentem características como facilidade de avaliação, aplicabilidade em diferentes escalas, utilização abrangente e sensibilidade a variações de manejo (Doran; Parkin, 1994; Niero et al., 2010; Chaves et al., 2012).

Os indicadores físicos do solo têm sido fundamentais para entender os processos de degradação (Ramos et al., 2014), e a qualidade deste afeta o espaço poroso do solo, onde a estrutura do solo tem grande importância para o desenvolvimento das plantas e a atividade de organismos (Aguilar, 2008).

O conhecimento dos atributos químicos do solo permite a melhor compreensão da dinâmica de liberação dos nutrientes para as plantas e podem fornecer subsídios a respeito da utilização do solo, considerando-se a necessidade constante de acompanhamento e avaliação do sistema de manejo adotado (Pereira, 2010). Os microrganismos possuem a capacidade de dar respostas rápidas a

mudanças na qualidade do solo, característica que não é observada nos indicadores químicos ou físicos. Em alguns casos, alterações na população e na atividade microbiana podem preceder mudanças nas propriedades químicas e físicas, refletindo um claro sinal na melhoria ou na degradação do solo (Araújo et al., 2007).

A Mata de Cazuzinha área de referencia do presente trabalho se localiza na cidade de Cruz das Almas, no Recôncavo baiano, a mata é um dos inúmeros remanescentes de Mata Atlântica do país, são cerca de 11,7 ha e caracteriza-se como sendo uma floresta de grande exuberância, pois possui grande diversidade de fauna e flora e apresenta-se como sendo de transição tropical subperenifólia/subcaducifólia, com árvores de porte médio a grande (Melo filho, 1987,Cardoso,2003).

Na região do Recôncavo Baiano predominam os Latossolos coesos, que se caracterizam por apresentar horizonte subsuperficial coeso que limita o desenvolvimento de raízes, a aeração e o deslocamento de água no perfil. Além disso, possui baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio e baixos valores de pH, fatores que inibem a disponibilidade e absorção de nutrientes (Rezende, 2000).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos de qualidade de um Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico em função da substituição da mata nativa por diferentes sistemas de uso.

3.2. Objetivos específicos

- Analisar o sistema de manejo que altera mais a atividade física e química do solo;
- Analisar os sistemas de uso que mais promove uma alteração global do sistema.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das amostras foi conduzida em áreas localizadas na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e na Mata de Cazuzinha, no município de Cruz das Almas – Ba, cujas coordenadas geográficas são 12° 40' 0" S, 39° 06' 0" W, altitude de 200 m, temperatura média anual de 24,5 °C, clima tropical quente e úmido (Aw a Am), segundo a classificação de Köppen, e a pluviosidade média anual da região é de 1.224 mm e a umidade relativa do ar de 80 % (SEI, 2005, ALMEIDA, 1999). O solo da área foi classificado como um Latossolo Amarelo distrocoeso argissólico (LAx), segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2014).

4.1. Tratamentos e amostragens

Para a avaliação da qualidade do solo foram analisadas quatro áreas experimentais cujos usos foram caracterizados segundo a tabela 1.

Tabela 1- Caracterização e histórico da área

Área de estudo	Uso	Histórico da área
Área 01	Girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	Área com plantio direto de girassol há cerca de cinco anos
Área 02	Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Área de eucalipto com 20 anos de implantação
Área 03	Pastagem (<i>Brachiaria decumbens</i>)	Área de Pastagem com 8 anos
Área 04	Mata nativa	Área de referência: Fragmento de Mata Atlântica preservado

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. As amostras foram coletadas em 10 pontos por área, espaçados de 12 metros, na profundidade de 0–0,20 m, totalizando 40 amostras não deformadas (coletadas com extrator de solo tipo Uhland) e deformadas (coletada com trado pedológico). Após serem secas ao ar, as amostras deformadas foram destorroadas e passadas por peneira de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).

4.2. Indicadores e métodos de avaliação:

Para a comparação da qualidade do solo nas áreas foram avaliados os seguintes atributos:

Atributos físicos: Resistência à penetração do solo, densidade de partícula, densidade do solo, porosidade total. Para a determinação da resistência mecânica do solo à penetração as amostras foram colocadas em câmara de Richards e submetidas a um potencial de 100kPa para a padronização do conteúdo de água, sendo, após esse procedimento, submetidas ao penetrômetro eletrônico de bancada modelo MA 933.

A densidade da partícula foi obtida segundo o método do balão volumétrico, utilizando-se álcool como líquido penetrante. A densidade do solo foi

determinada pelo método do anel volumétrico, ambos conforme metodologia descrita pela Embrapa (1997). A porosidade total (PT) foi calculada a partir da relação entre a densidade do solo (D_s) e a densidade de partículas (D_p).

Atributo Biológico: Respiração microbiana foi realizada aos 7 dias e 15 dias. Para a avaliação do C-CO₂ em laboratório, com temperatura controlada (média de 25 °C), utilizou-se o método proposto por Mendonça e Matos (2005).

Atributos químicos: pH em água foi determinado na relação solo: solução de 1:2,5, pelo método potenciométrico. O Cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e alumínio (Al³⁺) foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, na relação de 1:10. A acidez potencial (Al + H) foi determinada pelo método do acetato de cálcio tamponado a pH 7,0. A determinação do Fósforo (P) e Potássio (K⁺) disponíveis, extraídos com Mehlich⁻¹ (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e quantificado pelo método colorimétrico (P) e fotometria de chama (K) respectivamente. O carbono orgânico foi determinado através da oxidação da matéria orgânica com solução de dicromato de potássio em meio ácido e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal, usando difenilamina como indicador. A capacidade de troca de cátions (CTC), que corresponde a soma das bases trocáveis mais a acidez potencial, foi calculada de acordo com a seguinte expressão $CTC = SB + (H + Al)$. Todos conforme a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

4.3. Critérios utilizados para avaliar o índice de qualidade do solo (IQS)

Para a determinação do IQS, três passos principais foram realizados (i) a seleção de um Conjunto de dados (que representa a funcionalidade do solo) (ii) Normalização do Conjunto de dados - pelo método linear (iii) Análise Multivariada (ACP) - integração do IQS. O Conjunto de dados para a comparação da qualidade do solo foram os seguintes: Físicos: resistência do solo, densidade do solo, densidade da partícula (D_p), porosidade. Químicos: pH, M.O, Ca²⁺, Mg²⁺, P, K⁺, Al³⁺, Al+H. Biológicos: Respiração microbiana (aos 7 e aos 15 dias) .

Um dos problemas mais comuns, encontrado na aplicação de modelos estatísticos multivariados, é que estes são dependentes das unidades e escalas em que as variáveis foram medidas (Nathan e McMahon, 1990). A solução padrão para este problema é a normalização dos dados, então desta forma o processo de

normalização foi realizado, por meio de funções lineares no qual o atributo foi qualificado de 0 a 1, sendo 0 o grau mínimo e 1 o grau máximo de qualidade. Três tipos de Funções foram empregadas: 'Mais é melhor', 'Menos é melhor' e uma combinação das duas (Equação 1 e 2).

Para a normalização dos dados foi realizado o seguinte calculo:

$$Z = \frac{(X - Li)}{(Ls - Li)} \quad (\text{eq.1})$$

Onde: Z- função mais é melhor
X-dado a ser transformado
Ls- Limite Superior;
Li-Limite Inferior;

$$W = 1 - \frac{(X - Li)}{(Ls - Li)} \quad (\text{eq.2})$$

Onde: W- função menos é melhor
X-dado a ser transformado
Ls- Limite Superior;
Li-Limite Inferior;

Para atributos como P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, M.O e Porosidade 'mais é melhor' é indicada para padronizar propriedades do solo em que a qualidade está associada a maiores valores. "Menos é Melhor" é indicada para padronizar propriedades em que a qualidade do solo está associada aos menores valores, tais como o Al³⁺, H + Al, resistência a penetração, densidade do solo e para o pH foi usada a combinação das duas. Entretanto, para a densidade da partícula e a respiração foram utilizados como valores de referência a mata de Cazuzinha.

Os valores de referência para os limites máximos e mínimos de pH, P, K, Ca +Mg e Al foram adotados do manual de adubação e calagem para o estado da Bahia (1989). Para Al+H e M.O foi usado os valores da comissão de fertilidade do solo do estado de Minas gerais, 1999 (5° Aproximação). O Valor de Resistência a penetração adotado foi tomado do trabalho de Taylor (1966). Para o valor de porosidade e densidade do solo foram tido em conta os limites utilizados por Andrade(2009).

Após a normalização do conjunto de dados o teste de correlação linear de Pearson foi calculado, as variáveis com uma correlação maior a 0,70 foram mantidas, isto com a finalidade de eliminar dados redundantes. Com os dados restantes foi realizado a análise de componentes Principais (ACP), usando o programa Software R. Com esse dados foi determinada a ACP, nesta análise os componentes principais com eigvalues maior que 1 foram mantidas e dentro de cada componente as variáveis com eigvector maiores de 0,70 permanecem para o cálculo do índice de qualidade do solo, finalmente o IQS foi obtido pela formula 3 (Andrews et al ,2002):

$$IQS = \sum_{i=1}^n \frac{W_i x S}{\sum W_i} \quad (\text{eq.3})$$

Onde: W_i = peso da componente principal
 S = valor padronizado do atributo

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de qualidade dos solos estudados indica que o teor de Al^{3+} e a porosidade do solo são os limitantes nestes solos, este resultado está associado ao fato que estes solos são LATOSSOLOS AMARELOS Distrocócos, característicos dos tabuleiros costeiros do Brasil, os quais podem apresentar horizontes ou capas coesas, que se caracterizam por ter uma elevada densidade e uma baixa porosidade, podendo ser classificados de duros, muito duros ou até extremadamente duros, quando secos, e friáveis, quando úmidos (Melo Filho et al, 2006).

Este solo por estar exposto ativamente aos processos de latolização que tem como consequência o aumento do teor relativo de óxidos de ferro e alumínio (Resende et al, 2007), sabendo que o Al^{3+} é fitotóxico pela sua tendência de se unir a moléculas orgânicas ligadas ao oxigênio como grupos funcionais fosfato e carboxila (Poschenrieder, 2000), tendo em conta estes argumentos é possível entender porque a principal limitação ou principais atributos de qualidade destes solos (maior score) é o teor de alumínio e a compactação do solo representada pela porosidade do solo (Tabela 2).

Tabela 2-Pesos e scores usados para a determinação do índice de um Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico em função da substituição da mata nativa por diferentes sistemas de uso.

ATRIBUTOS	PESO	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA3	ÁREA4
Al ³⁺	0.53	0.530	0.318	0.530	0.059
POROS	0.53	0.320	0.410	0.391	0.447
Mg ²⁺	0.19	0.058	0.091	0.106	0.078
K ⁺	0.19	0.071	0.166	0.071	0.070
P	0.19	0.172	0.005	0.005	0.036
Dp	0.19	0.140	0.118	0.105	0.189
RES15	0.19	0.186	0.188	0.187	0.187
RES7	0.09	0.057	0.083	0.037	0.089
Total		0,730	0,656	0,681	0,549

Dentre os sistemas de manejo estudados, pode-se observar que a área que corresponde à mata nativa teve o menor índice de qualidade (0.54), o que se deve ao baixo teor de fósforo e elevado teor de alumínio, refletindo um grau de pobreza de nutrientes (Tabela 3), embora este solo seja pobre em nutrientes, tendo em conta que as florestas tropicais se caracterizam por ter uma alta produtividade (Grace et al, 2001), a manutenção da alta produtividade das florestas deste tipo pode ser explicado pela interação do conjunto serapilheira-solo que é uma porção dinâmica e complexa sendo a principal fonte de C, N, P, Ca²⁺, para as plantas (Selle, 2007), a quantidade e o tipo desta são em maior parte os responsáveis pela formação e manutenção da fertilidade dos solos de florestas o que conseqüentemente incidem no crescimento das plantas nativas e na disponibilidade de alimento para a flora e fauna do solo (Souza e Davide, 2001).

Tabela 3-Valores padronizados pelo método linear e índices de qualidade de um latossolo distrocoeso submetido a diferentes tipos de manejo.

Atributo	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	ÁREA 4
Al ³⁺	0.999	0.600	0.999	0.111
POROS	0.604	0.773	0.737	0.843
Mg ²⁺	0.304	0.480	0.560	0.408
K ⁺	0.375	0.875	0.375	0.370
P	0.904	0.023	0.023	0.187
Dp	0.737	0.619	0.552	0.993
RES15	0.979	0.987	0.983	0.985
RES7	0.634	0.924	0.411	0.986
IQS (Normal)	0.730	0.656	0.681	0.540

Para Cuevas e Medina (1986) a vegetação que se desenvolve em lugares como as florestas, são espécies adaptadas às quantidades de nutrientes existentes neste ecossistema, levando a mesma a ter uma alta eficiência no uso dos nutrientes, esta é uma situação oposta a das plantas cultivadas para a produção de alimentos e combustíveis que são altamente dependentes dos inputs de energia como adubos e corretivos. O uso deste tipo de “inputs” de energia tem um efeito direto na qualidade do solo, pode-se observar que nas áreas 1 e 3 (área de plantio direto e área de pastagem) o SCORE (Tabela 2) do atributo Al é 0.53 correspondendo à máxima pontuação possível para este atributo, a explicação deste resultado é o uso de praticas de manejo amplamente difundidas como a calagem que te como resultado a troca do H e Al^{+3} por um cátion (que serve como nutriente) e dissociação de parte do Hidrogênio (Sousa et al, 2007) melhorando as condições do meio em que as plantas se desenvolvem no solo.

Embora para alguns autores (Kopittke e Menzies, 2007) não exista uma composição ideal do solo (relações de saturação de cátions ideal), tendo os valores da Comissão Estadual de Fertilidade do Solo, (1989) como valores de referência para o presente trabalho é possível observar que a principal limitação na qualidade do solo no manejo do plantio direto está associada aos atributos de fertilidade do solo como Magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) (tabelas 2 e 3), uma das possíveis explicações deste resultado é que a composição do material que esta sendo adicionado ao solo tenha uma maior concentração relativa de Ca^{2+} e baixa relação de Mg^{2+} , e K^+ (Thomas, dalal, e Standley, 2007) o que tem um incremento no teor de Ca^{2+} no solo, produzindo um desequilíbrio no teor de bases do solo K^+ , Mg^{2+} esta competição se deve a que estes elementos tem propriedades químicas similares como: raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade criando uma competição pelos sítios de adsorção no solo o que pode ter um efeito adverso no crescimento das culturas (Medeiros et al, 2008)

O elevado score para o atributo P (0.172) no solo em sistema de plantio direto (Tabela 2) pode ser uma consequência deste sistema de manejo.

Neste sistema de manejo, pode-se observar também que a principal limitação corresponde aos fatores físicos dinâmicos do solo, embora as pesquisas indiquem o aumento da densidade do solo nas camadas superficiais dos solos é inerente ao sistema de plantio direto, segundo Cavalieri et al, (2009) sugerem que neste sistema de manejo acontece um processo de equilíbrio dinâmico que mantém

a funcionalidade do solo para o crescimento das culturas nos sistemas de plantio direto e como consequência o aumento da compactação e redução da porosidade do solo não tem o efeito drástico que tem em comparação com o sistema convencional.

Ao estudar os componentes do índice de qualidade do solo da área 2 (mata de eucalipto) é possível observar que um dos atributos que está fazendo o maior aporte relativo à qualidade é o atributo potássio (Tabela 2), comparativamente o score desta área é maior em relação às três áreas estudadas. Costa, Gama-Rodrigues, e Cunha (2005) descrevem que 50% do potássio da serapilheira do eucalipto é liberado 116 dias após deposição do mesmo no solo, e na pesquisa de Souza e Davide, (2001) estimou-se que uma hectare de eucalipto produz ao ano 7.10 toneladas de serapilheira, De acordo com as informações de Gama-Rodrigues e Cunha (2005) é possível estabelecer que 96.26 moles de carga de K^+ estão sendo liberadas da serapilheira, sabendo disto é possível inferir que o processo de liberação e posterior lixiviação podem explicar o maior teor de potássio neste solo e por conseguinte o melhor escore deste solo em relação a este atributo.

No índice qualidade da área 3 que corresponde a área de produção de pastagem é possível inferir que a principal limitação neste solo corresponde a os níveis de fósforo e potássio (Tabela 2). Para IEIRI et al (2010), Um dos maiores problemas no estabelecimento e na manutenção de pastagens nos latossolos brasileiros reside nos níveis extremamente baixos de fósforo disponível. O fósforo desempenha importante papel no desenvolvimento radicular e no perfilhamento das gramíneas (Giongo, 2015) e a sua deficiência passa a limitar a capacidade produtiva das pastagens, obtendo tais informações é possível estabelecer que, nestas áreas, práticas de manejo que visem o aumento dos níveis do fósforo disponível incrementarão a produção e conseqüentemente o índice de qualidade do solo (Maciel et al, 2007).

De forma geral é possível observar que os parâmetros associados ou que são influenciados pelos teores de carbono orgânico do solo como densidade, porosidade total e respiração obtiveram o maior grau de qualidade na área 4 (Tabela 2), devido a que o incremento da matéria orgânica no solo permite suportar uma maior atividade biológica devido ao aumento de nutrientes e energia no meio (Nourbakhsh, 2007), como as alterações bioquímicas originadas pelos processos de degradação podem ser detectadas por meio de variáveis relacionadas à matéria

orgânica do solo, permitindo desta forma detectar mudanças na qualidade dos solos (Chaer et al , 2009).

Os autores, Karlen e Stott (1994) apresentaram uma escala de avaliação final do IQS limitada às classes ruim ($\text{IQS} < 0,5$) e ótima ($\text{IQS} > 0,5$), porém, Souza (2005) adaptou a escala apresentada e a avaliação do IQS pode ser subdividida em três níveis. Assim, propõe-se que a gradação para o IQS seja a seguinte: $\text{IQS} < 0,50$ ruim; IQS entre 0,50 a 0,70 média e $\text{IQS} \geq 0,71$ ótima.

Utilizando as classes de IQS definidos por Souza (2005), apenas o plantio direto de Girassol obteve IQS acima de 0,71 sendo classificado como ótima qualidade. Os demais sistemas de manejo podem ser classificandos como qualidade do solo média (Tabela 3).

Souza et al (2005) avaliando a qualidade de um Latossolo amarelo Coeso argissólico dos tabuleiros costeiros, encontrou o IQS de 0,4620, o que, segundo Karlen & Stott (1994), confere a este solo baixa qualidade para produção vegetal, pois propõe-se que a gradação para o IQS seja a seguinte $< 0,5$ ou ótima para $\text{IQS} > 0,5$. O autor Filho (2009) sugere que a produção agrícola nessa classe de solo nos Tabuleiros Costeiros deve ser realizada necessariamente com a melhoria da capacidade de retenção e armazenamento de água, a redução da acidez e o aumento da oferta de nutrientes

Embora os bio-indicadores sejam tidos como indicadores de qualidade de solo sensíveis aos processos de degradação, neste estudo pode-se notar que os atributos de fertilidade foram os que mais influenciaram na qualidade do solo, isto pode ser explicado devido que as variáveis utilizadas neste trabalho foram poucas relacionadas às propriedades bioquímicas do solo

A avaliação da qualidade do solo é observada de forma mais nítida através de um gráfico tipo “radar”. A Figura 1 representa os indicadores de qualidade dos diferentes sistemas de manejo de acordo com os dados apresentados na tabela 3.

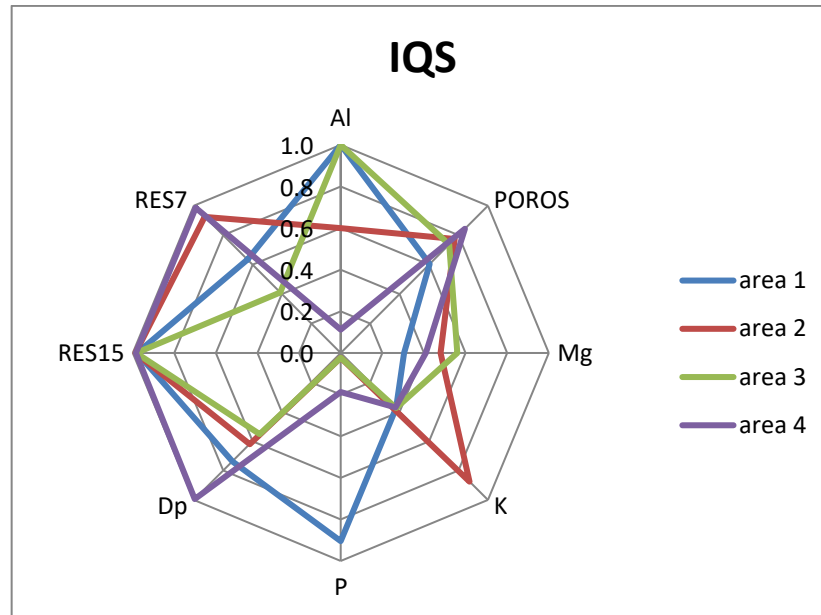


Figura 1-Índice de qualidade de solo obtidos dos diferentes sistemas de manejo. Onde área 1 refere-se ao Girassol; Área 2 o eucalipto; área 3 a pastagem e área 4 mata de Cazuzinha

6. CONCLUSÃO

A metodologia de determinação do índice de qualidade do solo por meio do uso de análise de componentes principais foi sensível as características próprias do processo de gênese e formação dos solos estudados, além de permitir observar os efeitos inerentes dos diferentes sistemas de manejo e produção do solo.

Os principais atributos de qualidade destes solos (maior score) foram o teor de alumínio e a porosidade total.

O sistema de plantio direto apresentou o melhor índice de qualidade de solo comparado com todas as áreas estudadas, mostrando-se como uma alternativa que permite o melhoramento das características do solo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I. Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais. 2008. 91p. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas) Universidade Federal de Viçosa: UFV, 2008.
- ALMEIDA, O.A. Informações meteorológicas do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMPF35 p., 1999.
- ANDRADE, D. S., & STONE, F. L. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13 (n.4), p.382-388. 2009
- ARAÚJO, R. et al. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 05, p. 1099-1108, 2007
- ANDREWS S A, MITCHELL J P, MANCINELLI R, KARLEN D L, HARTZ T K, HORWATH W R, PETTYGROVE G S, SCOW K M, MUNK D S. On-Farm Assessment of Soil Quality in California's Central Valley *Agronomy Journal*, v.94, p.12–23,2002
- CARDOSO, L. E.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S. de; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.44, n.6, p.631-637, 2009.
- CARDOSO, I. R.; PEREIRA. L. L. Cazuzinha: um remanescente de Mata Atlântica no recôncavo sul da Bahia. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Fortaleza. Anais... Fortaleza, p. 261-262.2003.
- CAVALIERI, V. K., Da SILVA, P. A., TORMENA, C. A., LEÃO, P. T., DEXTER, R. A., & HAKANSSON, I. Long-term effects of no-tillage on dynamic soil physical properties in a Rhodic Ferrasol in Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Research*, v.103 (n.1), p.158-164. 2009
- Comissão Estadual de Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia** (2 ed.). Salvador 173 p. 1989
- CHAER, M. G., MYROLD, D. D., & BOTTOMLEY, J. P. A soil quality index based on the equilibrium between soil organic matter and biochemical properties of undisturbed coniferous forest soils of the Pacific Northwest. *Soil Biology and Biochemistry*, v.41 (n.4), p.822-830, 2009
- CHAVES, A. A. A. et al. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 446-454. 2012.
- COSTA, S. G., GAMA-RODRIGUES, A. C., & CUNHA, D. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamento de Eucaliptos grandisno norte fluminense. *Árvore*, v.29 (n.9), p.563-570. 2005.

CUEVAS, E., & MEDINA, E. Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems. In: nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. *Decologia*, v.68, p.446-472.1986.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, v.35, n.1/2, p.3-22. 1994.

DORAN, J.W. & ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.*, 2000.

de SOUSA, G. D., de MIRANDA, L. N., & de OLIVEIRA, S. A.. Acidez do solo e sua correção. In: R. F. NOVAIS, V. H. ALVAREZ, N. F. de BARROS, R. L. FONTES, R. B. CANTARUTTI, & J. C. NEVES, *Fertilidade do solo*.p.1017. 2007.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 4 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica ; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 376 p 2014.

FIALHO, J. S. et al. Indicadores da qualidade do solo, em sistema de rotação, na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 03, p. 353-361, 2008.

FREITAS, L. de et al. Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. **Revista Agroambiente** On-line, Roraima, v. 8, n. 2, p. 155-164, maio/ago. 2014.

GIONGO, V. SALVIANO, A.M.; SANTOS, B.R. C. dos ; LEAL, E.F.. Adubação fosfatada e crescimento de cultivares de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). **Rev. bras. eng. agríc. ambient.[online]**. V.19, n.1, pp.34-38. 2015

GRACE, J., MALHI, Y., & MEIR, P. Productivity of Tropical Rain Forests. In: *Terrestrial Global Productivity* (pp. p.401-426). Elsevier, 2001.

IEIRI, A. Y.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagens com *Brachiaria*. **Ciencias Agrotecnicas**, v.34, n.5, p.1154-1160, 2010.

KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physics and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **American Society of Agronomy**, p. 53-71. 1994.

KOPITTKE, M. P., & MENZIES, W. N. A Review of the Use of the Basic Cation Saturation Ratio and the "Ideal" Soil. **Soil science society of america journal**, v.71 (n.2), p.259-265. 2007

MANLY, B.J.F. Métodos estatísticos multivariados: uma introdução. 3. ed. São Paulo: Artmed, 230p. 2008.

MACIEL, A. G., De ANDRADE V, G. S., FURTINI, A. E., FERREIRA, M. M., & EVANGELISTA, A. R. Efeito de diferentes fontes de fósforo na *Brachiaria Brizantha* CV marandu cultivada em dois tipos de solos. **Ciencia animal brasileira**, v.8 (n.2), p.227-233. 2007

MENDONÇA, S. E.; MATOS, da S. E. **Matéria orgânico solo: métodos de análises**. Viçosa, 77p .2005.

MEDEIROS, J. C., ALBUQUERQUE, J. A., MAFRA, A. L., ROSA, D. J., & GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina** , v.29 (n.4), p.799-806. 2008.

MELHO FILHO, J. F., De OLIVEIRA, S. A., LOPES, D. C., & VELLAME, L. M. Análise estatística exploratória e variabilidade da densidade do solo em um perfil de latossolo amarelo coeso dos tabuleiros costeiros da Bahia. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v.30 (n.2), p.199-205. 2006.

MÉLO FILHO, H. F. R. Levantamento detalhado dos solos do centro nacional de pesquisa de Mandioca e fruticultura. Cruz das Almas - Ba. **EMBRAPA**. Rio de Janeiro.p. 3-12. 1987.

MOREIRA, A., MALAVOLTA,E . Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesq. agropec.bras**. v.39, n.11,p. Nov. 2004

NIERO, L. A. C. et al. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférrico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1271 -1282, 2010

NOURBAKSH, F. Decoupling of soil biological properties by deforestation. **Agriculture, Ecosystems and Environment** , v.121, p.435-438. 2007.

PEREIRA, F.G. Atributos de qualidade química e física de um Latossolo Amarelo submetido a diferentes usos no semiárido baiano.2010.67 p.Dissertação(**Mestrado em Ciências Agrárias**) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas , 2010.

PINTO, C. R. O. Efeito do uso do solo sobre seus atributos na microrregião de Chapadinha-MA. 2014. 85 p. Tese (**Doutorado em Ciência do Solo**) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

POSCHENRIEDER, C. G. A glance into aluminum toxicity and resistance in plants. **Science of the total environment** (n.400), p.356-368. 2000.

RAMOS, M. R. et al. Soil, water and nutrient loss under conventional and organic vegetable production managed in small farms versus forest system. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, Kassel, v. 115, n. 1, p. 131–40, 2014.

RESENDE, M., CURI, N., De REZENDE, S. B., & CORRÊA G, F.*Pedologia base para a distinção de ambientes*. Lavras, Brasil: Editora:UFLA. 2007.

REZENDE, J. O. Solos coesos dos Tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador: SEAGRISPA, 117p.2000.

SANTOS, J. D. ALTERAÇÕES DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS AGRÍCOLAS – SÃO JOSÉ DA LAPA / MG. 2007.75p. **Dissertação (Mestrado em Geografia)**. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2007

SANTOS, P. R. Atributos do solo em função dos diferentes usos em perímetro irrigado do sertão de Pernambuco.112p. **Tese (Doutorado)**- Universidade Federal Rural de Pernambuco.2010

SILVA, M. B. da; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influencia da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Biosciences Journal** , v.23 (n.4), p.29-39. 2007.

SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br>. Acesso em 01 out. 2017

SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREJDA, J. J. Soil resilienc: a fundamental component of soil quality. **Soil Science**, Baltimore, v. 164, p. 224-234, 1999.

SOUZA, J. A., & DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **CERNE** , v.7 (n.1), p.101-113. 2001

SOUZA, A. L. V. Avaliação da qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural... **Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)** - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2005. p.95 2005.

TAYLOR, M. H., ROBERSON, M. G., & PARKER, J. J. Soil strength-root penetration relations for medium- to coarse-textured soil materials. **soil science** , v.102 (n.1), p.18-22. 1966.

THOMAS, G. A., DALAL, R. C., & STANDLEY, J. No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. **Soil & Tillage Research** (n.94), p.295-304. 2007.