



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE**  
**ECOSSISTEMAS**  
**CURSO DE MESTRADO**

**CAPACIDADE PRODUTIVA E QUALIDADE DE SÍTIOS**  
**CULTIVADOS COM EUCALIPTO EM ARGISSOLOS DE**  
**TABULEIRO NO LITORAL NORTE DA BAHIA**

MARCELO CARVALHO DE MIRANDA

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
ABRIL – 2012

**CAPACIDADE PRODUTIVA E QUALIDADE DE SÍTIOS  
CULTIVADOS COM EUCALIPTO EM ARGISSOLOS DE  
TABULEIRO NO LITORAL NORTE DA BAHIA**

**MARCELO CARVALHO DE MIRANDA**

Engenheiro Florestal

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1980

Dissertação submetida ao Colegiado do Curso do Programa de Pós-graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas, área de concentração Manejo e Qualidade de Ecossistemas.

**ORIENTADOR: PROF. DR. OLDAIR DEL'ARCO VINHAS COSTA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS  
CRUZ DAS ALMAS – BAHIA – 2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

M672

Miranda, Marcelo Carvalho de.

Capacidade produtiva e qualidade de sítios cultivados com eucalipto em argissolos de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia / Marcelo Carvalho de Miranda.\_ Cruz das Alamas, BA, 2012.

121f.; il.

Orientador: Oldair Del'Arco Vinhas Costa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Eucalipto. 2.Florestas. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
SOLOS E QUALIDADE DE ECOSISTEMAS

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
MARCELO CARVALHO DE MIRANDA

*Oldair Del'Arco V. Costa*

Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
(ORIENTADOR)

*Júlio César Lima Neves*

Prof. Dr. Júlio César Lima Neves  
Universidade Federal de Viçosa – UFV

*Luciano da Silva Souza*

Dr. Luciano Silva Souza – Embrapa/ CNPMF

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Solos e  
Qualidade de Ecossistemas em ....., conferindo o Grau de  
Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas em

.....

## Dedicatória

Dedico esse trabalho a todos os brasileiros e profissionais que trabalham com os recursos naturais.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela permissão divina de progredir-se pelo estudo;

Agradeço ao reitor e professor Paulo Gabriel Soledade Nacif pelo empenho em consolidar a UFRB e esse curso de mestrado;

Agradeço ao professor Jorge Antonio Gonzaga dos Santos, da UFRB, pela recepção;

Agradeço ao professor Oldair Del'Arco Vinhas da Costa, da UFRB, pela orientação;

Agradeço aos professores Luciano da Souza Silva e Thomas Vicent Gloaguen, ambos da UFRB, pelas ajudas e esclarecimentos;

Agradeço aos professores Anacleto Ranulfo dos Santos, Francisco de Souza Fadigas, Jacira Teixeira Castro, José Fernandes de Melo Filho e Sivanildo da Silva Borges, todos da UFRB, pelos ensinamentos;

Agradeço aos professores Joelito de Oliveira Rezende, da UFRB, e Júlio César Lima Neves, da UFV, pelos ensinamentos e exemplos de vida;

Agradeço às professoras Cláudia Márcia Gomes e Rozimar de Campos Pereira, ambas da UFRB, pelos convites para aproximação com a UFRB;

Agradeço a meus pais Sérgio Mesquita de Miranda e Marizália Carvalho de Miranda por me conceberem e prepararem para essa vida;

Agradeço a minha esposa Regina Helena Oliveira de Aguiar Miranda pela paciência e tolerância com meu tempo dedicado aos estudos;

Agradeço a meus filhos Leonardo Jessouroun de Miranda, Flávia Jessouroun de Miranda e Ricardo de Miranda pelo carinho e apoio;

Agradeço a José dos Santos Viana, Diretor da Cia de Ferro Ligas da Bahia Ferbasa pela amizade, ajuda e participação;

Agradeço ao amigo Hailton Mello da Silva, professor da UFBA, pelo exemplo e estímulo;

Agradeço aos funcionários da Flora Nativa Projetos Ltda., Ivanice Cerruci, Danívio Batista Carvalho de Vasconcelos e Leandro Silva de Jesus.

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

3PG	modelo de princípios fisiológicos na estimativa do crescimento;
AF	areia fina;
AG	areia grossa;
Al	acidez trocável;
Al%	saturação por alumínio;
Al <sup>3+</sup>	alumínio;
AM	areia média;
AMF	areia muito fina;
AMG	areia muito grossa;
ANAVA	análise de variância;
AT	areia total;
B	valor crítico;
B <sub>1</sub>	limite base inferior;
B <sub>2</sub>	limite base superior;
B <sub>3</sub>	ótimo;
C	croma;
Ca	cálcio trocável;
CAD	capacidade de água disponível
Cia	Companhia;
ConPegaj	consistência molhada pegajosidade;
ConPlast	consistência molhada plasticidade;
ConSeco	consistência do solo seco;
ConÚmido	consistência úmido;
CRU	curva de retenção de umidade;
CTC	capacidade de troca catiônica;

CV	coeficiente de variação;
D	Floresta Ombrófila Densa;
DAP	diâmetro à altura do peito;
Dp	densidade da partícula;
Ds	densidade do solo;
e.g.	em latim <i>exempli gratia</i> , em português por exemplo;
EAQS	Estrutura para avaliação da qualidade do solo;
Fn	floresta natural;
H	matiz;
H+Al	acidez potencial;
H <sub>0</sub>	hipótese nula;
Hd	altura média das árvores dominantes;
I	idades das medições das parcelas do inventário florestal;
IMA	incremento médio anual;
IMAp	incremento médio anual potencia;
IQS	índice de qualidade do solo;
Iref	idade de referência;
IV	índice de avermelhamento;
K	potássio trocável;
KCl	cloreto de potássio;
L	limite inferior;
MDS	conjunto mínimo de dados;
Mg	magnésio trocável;
MO	matéria orgânica
MPa	mega Pascal;
N	nitrogênio;



Na	sódio trocável;
Na%	saturação por sódio.
NPK	fertilizante composto por nitrogênio, fósforo e potássio;
P	fósforo;
pH	potencial hidrogeniônico;
pH_H <sub>2</sub> O	pH em água;
pH_KCl	pH em cloreto de potássio;
PorosMa	macroporos;
PorosMi	microporos;
PorosTot	porosidade total;
<i>PP<sub>f</sub></i>	pontuação padronizada da função;
<i>PP<sub>i</sub></i>	pontuação padronizada do indicador;
<i>PP<sub>w</sub></i>	pontuação padronizada do indicador com os pesos;
QS	qualidade do solo;
<i>R</i>	coeficiente de correlação;
Re	reflorestamento de eucalipto;
Rp	resistência do solo à penetração;
Rp_0,033	resistência do solo à penetração na pressão 0,033 MPa;
Rp_0,1	resistência do solo à penetração na pressão 0,1 MPa;
Rpr	razão da produtividade;
S	inclinação da tangente à curva da pontuação padronizada;
SB	soma de bases trocáveis;
SI	índice de sítio;
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos;
SO	Contato Savana/Floresta Ombrófila;
S <sub>yx</sub>	erro padrão da estimativa;

Tb	argila de atividade baixa;
U	limite superior;
UCRP	umidade crítica de resistência à penetração;
UFBA	Universidade Federal da Bahia;
UFRB	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia;
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro;
UFV	Universidade Federal de Viçosa;
Ug	umidade gravimétrica;
Ug_0,01	umidade gravimétrica na pressão 0,01 MPa;
Ug_0,033	umidade gravimétrica na pressão 0,033 MPa;
Ug_0,1	umidade gravimétrica na pressão 0,1 MPa;
Ug_0,3	umidade gravimétrica na pressão 0,3 MPa;
Ug_0,5	umidade gravimétrica na pressão 0,5 MPa;
Ug_1,5	umidade gravimétrica na pressão 1,5 MPa;
V	valor;
V%	saturação por bases trocáveis;
$W_f$	peso da função;
$W_i$	peso do indicador.
$x$	valor medido do indicador;
X	variável independente;
Y	variável dependente;

## LISTA DE UNIDADES

%	porcentagem;
cm	centímetro;
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico;
cmol <sub>c</sub>	centimol de carga;
DD	grau decimal;
g	grama;
ha	hectare;
kg	quilo;
m	metro;
M	molar;
mm	milímetro
m <sup>2</sup>	metro quadrado;
m <sup>3</sup>	metro cúbico;
mg	miligrama;
°C	graus Celsius.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Informações sobre fertilização do solo .....	13
Quadro 2 –	Valores numéricos do índice de avermelhamento do solo.....	16
Quadro 3 –	Valores numéricos para estrutura do solo .....	16
Quadro 4 –	Valores numéricos para consistência do solo.....	17
Quadro 5 –	Variáveis aplicadas para modelo 3PG.....	20
Quadro 6 –	Valores dos principais parâmetros do modelo 3PG após parametrização e calibração efetuadas por Borges (2009) .....	21
Quadro 7 –	Sítios identificados pelas classes de solo .....	29
Quadro 8 –	Características morfológicas de perfis de Argissolos em área de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia .....	30
Quadro 9 –	Características físicas de perfis de Argissolos em área de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia .....	32
Quadro 10 –	Características químicas de perfis de Argissolos em área de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia .....	44
Quadro 11 –	Resultados dendrométricos do inventário florestal de <i>Eucalyptus grandis x urophylla</i> nos sítios estudados .....	48
Quadro 12 –	Avaliação das médias de SI dos sítios estudados .....	49
Quadro 13 –	Avaliação das médias de IMA dos sítios estudados .....	50
Quadro 14 –	Avaliação das médias de Rpr dos sítios estudados.....	52
Quadro 15 –	Coeficientes de correlação dos atributos do solo com SI .....	54

Quadro 16 – Verificação de independência entre os atributos do solo significativos para o modelo solo-sítio de SI .....	55
Quadro 17 – Coeficientes de correlação dos atributos do solo com IMA .....	56
Quadro 18 – Verificação de independência entre os atributos do solo significativos para o modelo solo-sítio de IMA .....	57
Quadro 19 – Coeficientes de correlação dos atributos do solo com Rpr .....	59
Quadro 20 – Verificação de independência entre os atributos do solo significativos para o modelo solo-sítio de Rpr .....	60
Quadro 21 – Atributos do solo utilizados nos modelo solo-sítio .....	61
Quadro 22 – Avaliação estatística entre os modelos solo-sítio .....	63
Quadro 23 – Indicadores da qualidade do solo selecionados para compor o conjunto mínimo de dados (MDS) e seus pesos calculados pela razão entre a média do indicador e o somatório das médias dos indicadores da função.....	66
Quadro 24 – Indicadores para transformação em pontuação padronizada, com os comportamentos das curvas, os valores dos limites críticos (inferior, base, ótimo e superior) e os valores da inclinação das tangentes às curvas .....	67
Quadro 25 – Resultados da pontuação padronizada do indicador com os pesos ( $PP_w$ ), da pontuação padronizada da função ( $PP_f$ ) e do IQS, por sítios, na camada (geral) com profundidade de 0–0,4 m.....	69
Quadro 26 – Resultados da pontuação padronizada do indicador com os pesos ( $PP_w$ ), da pontuação padronizada da função ( $PP_f$ ) e do IQS, por sítios, na camada (1) com profundidade de 0–0,1 m.....	75

Quadro 27 – Resultados da pontuação padronizada do indicador com os pesos ( $PP_w$ ), da pontuação padronizada da função ( $PP_f$ ) e do IQS, por sítios, na camada (2) com profundidade de 0,1–0,2 m.....	76
Quadro 28 – Resultados da pontuação padronizada do indicador com os pesos ( $PP_w$ ), da pontuação padronizada da função ( $PP_f$ ) e do IQS, por sítios, na camada (3) com profundidade de 0,2–0,4 m.....	77
Quadro 29 – Capacidades produtivas estimadas pelos modelos do método solo-sítio para os sítios com uso de floresta natural.....	78
Quadro 30 – Resultados das análises dos atributos granulometria, porosidade e densidade nas camadas .....	93
Quadro 31 – Resultados das análises dos atributos cor, estrutura e consistência nas camadas .....	96
Quadro 32 – Resultados das análises dos atributos umidade gravimétrica e resistência do solo à penetração nas camadas .....	99
Quadro 33 – Resultados das análises dos atributos químicos nas camadas .....	101

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização da área de estudo .....	9
Figura 2 –	Estrutura para avaliação da qualidade do solo (EAQS).....	23
Figura 3 –	Tipos de curvas para a transformação do indicador do solo na pontuação padronizada: mais-é-melhor; menos-é-melhor e ótimo ..	25
Figura 4 –	Curvas de retenção de umidade, nos horizontes A e B, de Argissolos em área de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia .....	41
Figura 5 –	Curvas de resistência do solo à penetração, nos horizontes A e B, em Argissolos em área de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia .....	43
Figura 6 –	Correlação entre as médias das variáveis dendrométricas, SI e IMA, equalizadas na idade de seis anos, em Argissolos no Litoral Norte da Bahia.....	51
Figura 7 –	Distribuição dos erros percentuais de SI, IMA e Rpr .....	64
Figura 8 –	Correlações dos indicadores de qualidade do solo com a capacidade produtiva: (a) SI e (b) IMA.....	80

## SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO ..... 1
2	MATERIAL E MÉTODOS..... 8
2.1	ÁREA DE ESTUDO ..... 8
2.2	CARACTERIZAÇÃO DOS SÍTIOS..... 10
2.2.1	CULTIVO DO EUCALIPTO ..... 11
2.3	AMOSTRAGEM E ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS . 13
2.3.1	CONVERSÃO DE ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS EM VALORES NUMÉRICOS ..... 15
2.4	CAPACIDADE PRODUTIVA DOS SÍTIOS ..... 17
2.5	RELAÇÕES SOLO-SÍTIO ..... 22
2.6	QUALIDADE DO SOLO ..... 23
2.6.1	SELECÇÃO DOS INDICADORES..... 24
2.6.2	PONTUAÇÃO PADRONIZADA ..... 25
2.6.3	ÍNDICE DE QUALIDADE DO SOLO ..... 27
2.7	QUALIDADE DO SÍTIO..... 28
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 29
3.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS SOLOS..... 29
3.2	CAPACIDADE PRODUTIVA DOS SÍTIOS ..... 46
3.3	RELAÇÕES SOLO-SÍTIO ..... 53
3.4	QUALIDADE DO SOLO ..... 65
3.5	QUALIDADE DOS SÍTIOS..... 78
4	CONCLUSÕES..... 82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 83
	ANEXO A – Resultados das análises dos atributos dos solos nas camadas..... 92



# CAPACIDADE PRODUTIVA E QUALIDADE DE SÍTIOS CULTIVADOS COM EUCALIPTO EM ARGISSOLOS DE TABULEIRO NO LITORAL NORTE DA BAHIA

Autor: Marcelo Carvalho de Miranda

Orientador: Oldair Del'Arco Vinhas Costa

**RESUMO:** Esse estudo teve objetivo de caracterizar os solos mais representativos, avaliar a sustentabilidade da produção de sítios cultivados com eucalipto em área de tabuleiro, no Litoral Norte da Bahia, bem como, os impactos do manejo florestal sobre a qualidade desses sítios. Isto foi realizado para se obter subsídios que permitissem sugerir novas ações no manejo, e identificar indicadores de qualidade possivelmente utilizados para o monitoramento das áreas cultivadas. A área desse estudo, é propriedade da Cia de Ferro Ligas da Bahia Ferbasa, ocupa aproximadamente 1 190 ha de reflorestamento com eucalipto e está localizada no município de Entre Rios. Para esse trabalho foram selecionados cinco sítios ocupados com reflorestamento de eucalipto e três com vegetação natural primária do tipo floresta. Os sítios selecionados estavam nas mesmas condições de clima e fisiografia, sendo diferenciados basicamente pelos solos. As amostragens do solo de cada sítio foram realizadas em camadas, nas profundidades de 0–0,1 m, 0,1–0,2 m e 0,2–0,4 m, para analisar os atributos físicos e químicos. A capacidade produtiva foi representada pelas variáveis dendrométricas SI, IMA e Rpr. A avaliação da qualidade dos sítios florestais utilizou os métodos solo-sítio e IQS, comparando-se os resultados entre os sítios cultivados e os sítios naturais. Apesar da homogeneidade fisiográfica e climática se encontraram diferenças entre os Argissolos na área estudada. Bem como, houve diferença na QS entre os sítios cultivados com eucalipto há 35 anos e os sítios com floresta natural nas condições gerais. Foram sugeridos os indicadores MO, SB e CTC para o monitoramento da qualidade do solo e os indicadores Ug<sub>0,01</sub> e PorosMi para se adicionarem à classificação dos sítios. Existem possibilidades potenciais para o aumento de produtividade nos sítios cultivados em Argissolo nos tabuleiros do Litoral Norte da Bahia, principalmente pelo manejo dos atributos químicos.

Palavras-chave: qualidade do solo; sítios florestais; sustentabilidade ambiental; solos coesos; produtividade florestal.

# **PRODUCTIVE CAPACITY AND SITES QUALITY CULTIVATED WITH EUCALYPT IN TABLELANDS ULTISOLS IN THE NORTH COAST OF THE BAHIA**

*Author:* Marcelo Carvalho de Miranda

*Adviser:* Oldair Del'Arco Vinhas Costa

*ABSTRACT:* This study aimed to define the most representative soils, assessing the production sustainability of sites cultivated with eucalyptus in the tableland area, on the northern coast of Bahia, as well as the impacts of forest management on the quality of these sites. This was conducted to obtain data that would allow the suggestion new management actions and identify quality indicators possibly used to monitor the cultivated area. This study's area is owned by Cia Ferro Ligas da Bahia Ferbasa, which occupies approximately 1190 ha of reforestation with eucalyptus and is located in the town of Entre Rios. For this work we selected five sites occupied with eucalypt plantations and three sites covered with primary native vegetation, forest type. The selected sites were under the same climate and physiography conditions and are differentiated primarily by the soil. The soil sampling from each site were taken in layers at depths of 0 to 0.1 m, 0.1-0.2 m and 0.2-0.4 m, to analyze the physic and chemist attributes. The production capacity was represented by the dendrometric variables SI, IMA and Rpr. Forest sites quality evaluation used the methods soil-site and IQS, comparing the results between the cultivated sites and natural sites. Despite the physiographic and climatic homogeneity, differences were found between Ultisols in the study area. As well, there was difference in QS between sites planted with eucalyptus trees 35 years ago and the sites of natural forest in general. MO, SB and CTC indicators were suggested for monitoring soil quality, and Ug\_0, 01, Rp\_0, and PorosMi to add up to the classification of sites criteria. There are potential opportunities for increased productivity in Utisol sites cultivated in tablelands on the Northern Coast of Bahia, especially by the management of chemical attributes.

*Keywords:* soil quality, forest sites, environmental sustainability, cohesive soils, forest productivity

## **1 INTRODUÇÃO**

A preocupação com a sustentabilidade econômica e ambiental aumenta juntamente com a pressão sobre os recursos naturais, causada pelo crescente consumo de produtos pela população humana. Tradicionalmente, os produtos provenientes da atividade agropecuária ou florestal, de um modo geral no Brasil, ou mesmo na Bahia, ocupam as terras mais produtivas e nas melhores condições climáticas. A disponibilidade de terras nessas condições vem diminuindo consideravelmente e, conseqüentemente, as restrições econômicas, climáticas e conservacionistas têm aumentado. Nesse cenário, a sustentabilidade da produção é cada vez mais importante e a atividade florestal precisa manter ou melhorar a produtividade dos sítios ocupados.

A importância do eucalipto em relação aos produtos consumidos pela população humana está na fabricação de celulose, siderurgia à base de carvão vegetal, construção civil urbana e rural, móveis e utensílios, embalagens, produtos medicinais e alimentos, dentre outros. A área plantada ocupava em 2010 no Brasil 4,75 milhões ha, e na Bahia, 631,46 mil ha, terceira maior no ranking nacional, conforme Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada (2011). Em relação às regiões predominantes com eucalipto na Bahia se destacaram, em 2008, a Extremo Sul com 454,13 mil ha (BAHIA, 2008) e a Litoral Norte se estima em 120 mil ha.

Na região do Litoral Norte da Bahia, o consumo predominante é para celulose e carvão vegetal. O plantio de eucalipto no Brasil iniciou em larga escala

a partir de 1966, por causa de uma política federal de incentivo fiscal para implantação de projetos de reflorestamento, com finalidade de atender ao crescimento da demanda industrial (BRASIL, 1966; BRASIL, 1974). Na região do Litoral Norte da Bahia, a aplicação desta política iniciou na década de 80, e foi finalizada em 1984, mas os projetos de reflorestamento continuaram e sendo o eucalipto predominantemente utilizado para a produção de celulose e carvão vegetal.

Nos projetos de reflorestamento, tanto nacionalmente quanto regionalmente, se utiliza o eucalipto pela vantagem silvicultural e econômica. Anteriormente ao período dos incentivos na região do Litoral Norte da Bahia, desde 1977 a Cia. de Ferro Ligas da Bahia Ferbasa planta eucalipto para suprimento do carvão vegetal consumido na siderurgia (CIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA FERBASA, 2011a) e ocupa, para esta finalidade, aproximadamente 23,5 mil ha (GREGORIO, 2011). Naquela época, o plantio ocorreu em terras ainda cobertas por florestas naturais, mas a partir de 1993, com a proibição de supressão destas florestas no bioma da Mata Atlântica (BRASIL, 1993; BRASIL, 2006), os novos plantios passaram a ocorrer em terras anteriormente ocupadas por outras culturas.

A sustentabilidade da produção do eucalipto está diretamente relacionada com a produtividade. A produtividade florestal é resultado da integração de fatores do sítio, biológicos e manejo (BALLONI, 1985; DAVIS, 1966; GONÇALVES, 1990; MENEZES, 2005; MORA e BALLONI, 1988). Dentre os fatores do sítio ou abióticos que influenciam na produtividade estão o clima e a fisiografia, entendendo-se por fisiografia a declividade do relevo, posição na paisagem e altitude (SCOLFORO, 1997b). Os fatores do clima que afetam o crescimento das árvores são a radiação solar, a temperatura e a disponibilidade hídrica (SOUZA, RIBEIRO, *et al.*, 2006), e a fisiografia afeta, diretamente, a disponibilidade de água no solo. Ambos os fatores citados ocorrem em regiões de maior abrangência, podendo ser estratificados mais detalhadamente em subáreas mais homogêneas, mas não permitem modificações ou alterações pela ação humana, a não ser por suprimento de água por irrigações ou terraplenagem para terraços.

Completando os fatores do sítio que influenciam representativamente na produtividade está o solo, principalmente por suas funções relacionadas à fixação

e ao suprimento de água e nutrientes às plantas, condicionadas pelas propriedades físicas, químicas e biológicas dos mesmos. Alguns dos atributos do solo, tais como, cor, textura, estrutura, consistência, densidade da partícula e outras, são praticamente inalteráveis ou muito pouco alteradas, tanto pelo tempo quanto pelo manejo. Por outro lado outros atributos do solo podem ser alterados tanto pelo manejo quanto por agentes poluentes; dentre esses atributos que se alteram em algum grau de intensidade estão densidade do solo, porosidade, resistência do solo à penetração, drenagem, estrutura dos horizontes superficiais, conteúdo de matéria orgânica, teores de macro e micronutrientes, ocorrência e atividade de meso e microfauna.

A manutenção ou melhoria da produtividade dos sítios florestais depende do manejo das variáveis que influenciam na qualidade do sítio. O conceito de sítio foi definido pela Society American Foresters (1958) como uma área delimitada pelos seus fatores ecológicos combinados (bióticos, clima e solo) com referência à capacidade de produzir floresta ou outras vegetações. O sítio expressa a capacidade de uma determinada área de terra para produzir madeira ou outras vegetações (DAVIS, 1966), e a sua qualidade pode ser avaliada por diferentes métodos. O termo qualidade do sítio se refere à capacidade produtiva do sítio, expressa pelas variáveis dendrométricas do cultivo do eucalipto. Os aspectos gerais dos sítios florestais no Litoral Norte da Bahia são favoráveis ao cultivo do eucalipto, no que diz respeito ao solo, fisiografia e clima. Considerando-se que o clima e a fisiografia são relativamente uniformes numa larga extensão geográfica, os solos representam o fator de maior influência na qualidade dos sítios específicos (GONÇALVES, 1990).

Encontra-se na literatura basicamente dois métodos para a avaliação da capacidade produtiva ou qualidade do sítio florestal, o direto e o indireto (CARMEAN, 1975; DAVIS, 1966; GONÇALVES, 1990; MENEZES, 2005; SCOLFORO, 1997b). O método direto avalia o crescimento das árvores num determinado sítio, por meio de medições das variáveis dendrométricas, volume, área basal ou altura (CARMEAN, 1975; SPURR, 1952). O volume e a área basal apresentam limitações na utilização porque podem ser afetados por outros fatores, tais como espécie, densidade de povoamento, tratos culturais, práticas silviculturais, genótipos etc. (SCOLFORO, 1997b). O desenvolvimento da altura

das árvores dominantes em povoamentos equiâneos é pouco afetado pela densidade do povoamento e relativamente estável em várias intensidades de desbaste (SCOLFORO, 1997b). A classificação da qualidade dos sítios pelas curvas de índice de sítio é utilizada pela maioria dos métodos que se baseiam na altura (CARMEAN, 1975). O índice de sítio (SI) expressa a média das alturas das árvores dominantes numa idade de referência, preferencialmente próxima à idade de rotação da espécie (SCOLFORO, 1997b). A estimativa da qualidade do sítio pela medição das alturas é considerada o mais prático, eficiente e consistente indicador (SCOLFORO, 1997b). Os dados do inventário florestal, a partir de parcelas permanentes, permitem a construção das curvas de índice de sítio.

O método indireto mais utilizado é o solo-sítio que correlaciona o índice de sítio com aspectos do solo, fisiografia e clima (CARMEAN, 1975; GONÇALVES, 1990). Inicialmente, se alocam muitas parcelas pelos povoamentos florestais adultos que representem uma ampla variação de sítios, solo, fisiografia e clima encontrados em uma área florestal ou região. Em seguida, se estima o índice de sítio a partir das árvores dessas amostras utilizando-se as medições de altura e idade, ou mais recentemente técnicas de análise de tronco. Após isso, se correlaciona os índices de sítio com os atributos do solo, fisiografia e clima por meio de métodos de regressões múltiplas. Então, os resultados das equações podem ser utilizados para calcular tabelas de sítio-estimativa e gráficos de tendência para estimativas de campo para o índice de sítio. Considerando-se que o clima varia pouco em extensas áreas e que as principais características fisiográficas podem estar expressas nas classes de solo, o solo tem sido o fator de maior concentração de estudos para a estratificação dos sítios (CARMEAN, 1975).

A correlação da qualidade do sítio com o solo depende, na maioria das vezes, de atributos como profundidade, estrutura, textura e umidade do solo, que muitas vezes não são descritos nos levantamentos de solo; por isso, quanto mais criteriosa a classificação do solo, melhor será a correlação (DAVIS, 1966). Somente os atributos do solo são insuficientes para mensurar a qualidade dos sítios, sendo muito importantes os fatores indiretos e acumulativos vegetação, bióticos, climáticos e topográficos (DAVIS, 1966). Esse método é considerado válido quando há diferença no crescimento florestal e mais eficiente em regiões

de padrão pedogenético mais homogêneo (CARMO, RESENDE e SILVA, 1990), situação encontrada na área do presente estudo. O método apresenta limitações quando utiliza dados de solos com povoamentos florestais implantados há tempo suficiente para alterar as condições iniciais de nutrientes, sendo importante considerar o status inicial de nutrientes e as condições físico-hídricas de cada sítio, bem como o conteúdo de nutrientes imobilizados na biomassa nos diferentes estágios do povoamento (CARMO, RESENDE e SILVA, 1990), assim como devem ser consideradas as inter-relações entre os fatores do solo. Alguns autores encontraram limitações para aplicação desse método (BARROS, 1974); (CÁRDENAS, 1987; SANTANA, 1986) e outros consideram que os modelos matemáticos são válidos apenas em áreas representadas pelo sistema de amostragem, em função das variações de manejos do solo e da floresta (CARMO, RESENDE e SILVA, 1990).

A partir da década de 90, de acordo com levantamento de Vezzani e Mielniczuk (2009), muitos pesquisadores começaram a preocupar-se com os aspectos relacionados à qualidade do solo (QS), em função da verificação de altos níveis de degradação de recursos naturais e contaminação de ambientes, comprometendo tanto a sustentabilidade da produção agrícola quanto a saúde humana. Portanto, a sustentabilidade da capacidade de produção de sítios florestais ao longo do tempo necessita de monitoramento (BARROS e COMERFORD, 2002). Nambiar (1996) esclareceu que a avaliação da sustentabilidade de sítios florestais tropicais pode ser realizada pelos fatores abióticos do solo, água e nutrientes, porque são os que mais influenciam a sustentabilidade de um ecossistema. Além disso, Barros e Comerford (2002) descreveram que nem radiação solar e nem gás carbônico são fatores limitantes nos trópicos. Então, pode-se afirmar que a QS tem uma forte relação com a qualidade do sítio ao longo do tempo (MENEZES, 2005).

A QS foi definida por Larson e Pierce (1991) como a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites dos ecossistemas (e.g. limites das unidades de mapa de solos) e com os ambientes externos ao ecossistema (particularmente a qualidade do ar e da água). O conceito de QS se fortalece na medida em que a disponibilidade de recursos naturais é inversa ao crescimento da demanda mundial por estes recursos em função do crescimento da população humana.

Nesse cenário a preocupação com a sustentabilidade deve ser incorporada às práticas de manejo de florestas e do solo. Considerando que o sistema de manejo é sustentável somente quando a qualidade do solo é mantida ou melhorada, então a avaliação quantitativa das mudanças na qualidade do solo permite a medição da sustentabilidade do manejo (LARSON e PIERCE, 1994). Numa linha de avaliação semelhante às avaliações da qualidade do sítio que utilizam o índice de sítio, citado anteriormente, Karlen e Stott (1994) propuseram um índice quantitativo de qualidade do solo para servir como um indicador da capacidade do solo para a produção sustentável das culturas. De acordo com diversos autores, os conceitos de QS se relacionam com as avaliações de sistemas de manejo ao longo do tempo, por meio de um sistema de monitoramento estatístico de indicadores da qualidade (KARLEN e STOTT, 1994; LARSON e PIERCE, 1994; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2001). Admite-se que os resultados desse monitoramento permitem indicar alterações no sistema de manejo em direção da sustentabilidade.

O método do índice de qualidade do solo (IQS), sugerido por Karlen e Stott (1994), tem sido utilizado para avaliar o efeito do manejo sobre o rendimento do eucalipto. Chaer (2001) estudou o efeito sobre a qualidade do solo com diferentes métodos de preparo de solo e concluiu que o modelo utilizado permitiu quantificar as mudanças na qualidade do solo resultantes do manejo. Menezes (2005) relacionou a produtividade média com os atributos do solo, pelo método solo-sítio, integrando-as mediante a classe taxonômica, e pelo IQS, concluindo que o IQS foi sensível aos sítios amostrados e às variações dos atributos do solo dentro da mesma unidade taxonômica, relacionando-se com a produtividade.

O cenário descrito para o desenvolvimento da atividade florestal no Litoral Norte da Bahia sugere a hipótese de ter havido degradação da qualidade dos solos cultivados com eucalipto há longo períodos.

Pelas razões expostas, o presente estudo teve os objetivos de caracterizar os solos mais representativos nas mesmas condições de clima, fisiografia e manejo, avaliar a sustentabilidade da produção em sítios cultivados com eucalipto em área de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia, bem como os impactos do manejo florestal sobre a qualidade desses sítios. Isso foi realizado para sugerir novas ações no manejo e identificar indicadores de qualidade possíveis de serem



utilizados para o monitoramento das áreas cultivadas. Utilizaram-se os métodos solo-sítio e IQS, comparando-se os resultados entre os sítios cultivados e os sítios naturais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área desse estudo ocupa aproximadamente 1 190 ha de reflorestamento com eucalipto, nas fases de relevo plano a suave ondulado, e está localizada no Projeto Araticum, propriedade da Cia de Ferro Ligas da Bahia Ferbasa, Município de Entre Rios, região do Litoral Norte do Estado da Bahia, às margens da rodovia BR-101, km 73, entre as coordenadas geográficas 38° 10' 40,08" W; 12° 00' 52,92" S e 38° 07' 39,00" W; 11° 57' 46,44" S, com Datum WGS84 (Figura 1).

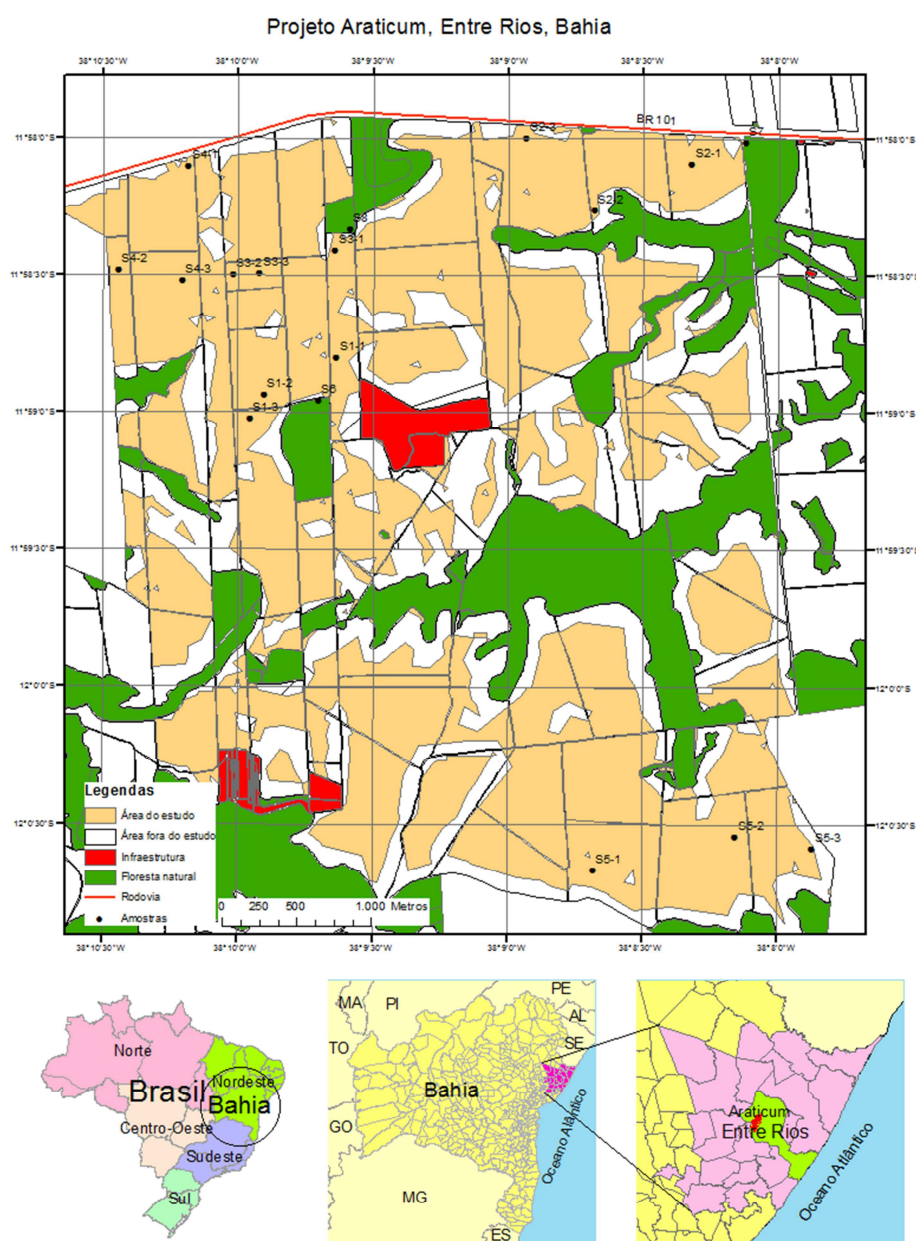
O clima da região descrito conforme Thornthwaite e Mather (1957) citado por Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (1999), é B1rA'a' (úmido) com índice hídrico entre 20 mm e 40 mm e pluviosidade média anual de 1 238 mm, e de acordo com Köppen (1928) é As', ou seja, clima quente com mês mais frio com temperatura superior a 18°C, mês mais seco com precipitação inferior a 60 mm e verão seco.

A fisiografia predominante é formada pela unidade geomorfológica de Tabuleiro, caracterizada por topos plano-tabulares, quase sempre limitados por ressaltos ou pequenas escarpas, predominando encostas côncavo-convexas, partes dissecadas compostas por sedimentos, com altitudes pouco acima de 200 m, relevo retalhado em interflúvios pequenos, de modo geral convexados (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2009).

A geologia da área, de acordo com Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (2011) e Carmo, Resende e Silva (1990), é representada pela unidade litoestratigráfica da Formação Barreiras, do Período Terciário, e apresenta sedimentos de cores creme, amareladas, avermelhadas, brancas e arroxeadas, com formação constituída por camadas arenosas e argilosas (com predomínio de caulinita) por vezes conglomeráticas e com espessura variável, podendo atingir 100 m em alguns casos. De acordo com Brasil (1981) o solo predominante na região é o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd), caracterizado por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006) pela presença de horizonte

B textural, argila de atividade baixa, evolução avançada com ferralitização incompleta e saturação por bases trocáveis inferior a 50%.

A classificação da vegetação natural que ocorre na área do estudo é do tipo Floresta Ombrófila Densa (D) ou Contato Savana/Floresta Ombrófila (SO), de acordo com Brasil (1981) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1992). A seleção de uma paisagem com essas características se justifica pela representatividade dos fatores clima, relevo e solos para o cultivo do eucalipto na região.



**Figura 1 – Localização da área de estudo**

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SÍTIOS

A seleção dos sítios para o estudo foi realizada primeiro pela identificação das possíveis diferenças entre os solos, percorrendo-se intensamente as áreas no campo. Observou-se nestas áreas, que mesmo nos relevos plano ou suave ondulado, haviam diferenças de cor e textura entre os solos presentes. Após a identificação das diferenças foram alocadas trincheiras para a descrição morfológica dos solos.

A caracterização morfológica dos perfis dos solos nas trincheiras visando a identificação preliminar das classes de solo seguiu o método de descrição e coleta de solo em campo, proposto por Santos, Lemos et al. (2005), considerando-se a representatividade das classes na área do estudo. Após isso, os solos foram caracterizados quimicamente e fisicamente (cor, textura, estrutura e consistência) e classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006).

Após a classificação dos solos se selecionaram oito sítios para esse estudo, sendo cinco ocupados com reflorestamento de eucalipto (Re) e três com vegetação natural primária do tipo floresta (Fn). Todos estavam nas mesmas condições de clima e fisiografia, relevo plano a suave ondulado, sendo diferenciados basicamente pelo solo. O uso da terra, Re e Fn, foi um fator secundário de seleção, utilizado para se comparar a qualidade dos sítios cultivados com a dos naturais.

A vegetação natural nos sítios selecionados, classificada por Brasil (1981) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1992), é do tipo Floresta Ombrófila Densa (D) e Contato Savana/Floresta Ombrófila (SO). A vegetação do tipo D se caracteriza como fanerófitos<sup>1</sup>, justamente pelas formas de vida macro e mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitos em abundância, com fitofisionomias de clima ombrófilo, ou seja, com elevadas temperaturas (médias de 25°C) e alta precipitação bem distribuída durante o ano (0 a 60 dias secos). A

---

<sup>1</sup> Fanerófitos: são plantas lenhosas com as gemas e brotos de crescimento protegidos por catafilos, situados acima de 0,25 m do solo. Apresentam-se com dois aspectos ecoedáficos: normal climático e raquítico oligotrófico, subdivididos, conforme suas alturas médias, em: macrofanerófitos, são plantas de alto porte, variando entre 30 e 50 m de altura e mesofanerófitos, são plantas de porte médio, variando entre 20 e 30 m de altura (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1992).

vegetação SO é uma vegetação de transição entre tipos de vegetação, no caso desse estudo em função das variações de solo. As espécies de Savana que ocorrem nesse tipo de vegetação são xeromorfas preferencialmente de clima estacional (mais ou menos seis meses seco), mas que também ocorrem em clima ombrófilo.

Na implantação do projeto de Re se ocupou quase que totalmente os solos potencialmente produtivos, com relevo plano a suave ondulado. Os remanescentes de Fn, na maior parte, estavam restritos às bordas do Tabuleiro e interflúvios, onde ocorrem solos diferentes dos cultivados. Por isso, foram selecionados sítios com Fn mais próximas dos solos cultivados. Assim, dois sítios estavam próximos à borda do Tabuleiro e um deles no centro do Tabuleiro, mas todos em relevo plano.

### 2.2.1 CULTIVO DO EUCALIPTO

O cultivo do eucalipto na área do estudo tem função de produzir biomassa para suprimento industrial siderúrgico de carvão vegetal. O projeto de reflorestamento foi implantado há 35 anos, em terra que estava originalmente coberta com floresta natural. Nesse período se estimou haver ocorrido de quatro a cinco rotações. As informações sobre o período de ocupação e o manejo foram obtidas pelo levantamento de documentos da Empresa e entrevistas com empregados e moradores. Inicialmente se plantou *Eucalyptus urophylla* e *E. pellita*, a partir de mudas de sementes, com espaçamento 3 x 3 m, preparo de solo com desmatamento, coivara e gradagem, fertilizações a base de NPK e tratos culturais tais como capina manual, roçada manual, rolo-faca e roçadeira mecanizada de arraste ou hidráulica. As rotações eram em intervalos de aproximadamente 7 anos, com desbrota de baixa intensidade e sem suprimentos nutricionais complementares pós-colheita. A partir do ano 2003 se iniciaram reformas dos plantios, aplicando-se novas tecnologias, principalmente aquelas relacionadas ao cultivo mínimo (GAVA, 2002; REIS e REIS, 1995; SANCHES, YONEZAWA e ZEN, 1995). Dentre estas tecnologias estão aplicação de herbicida pré-plantio, aplicação de calcário, fosfatagem a 0,6 m de profundidade, subsolagem na profundidade de 0,9 m, plantio de mudas clonais de híbridos,

principalmente *E. urograndis* (*grandis* x *urophylla*), fertilizações com NPK e micronutrientes e capina química pós-plantio.

Na Quadro 1 estão as informações sobre fertilização do solo, considerando-se o nível de referência no solo dos atributos matéria orgânica (MO) e argila para as recomendações de N, P e K, assim como o nível crítico dos elementos para incremento médio anual (IMA) potencial de  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Na quarta e quinta coluna estão os teores médios dos elementos encontrados nas análises químicas nos sítios com floresta natural (Fn) e com reflorestamento de eucalipto (Re). Na sexta as recomendações para implantação segundo Barros, Neves e Novais (2000) e Ribeiro, Gontijo e Alvarez V. (1999) e na última as aplicações após a reforma de 2003, sendo que ambas as colunas apresentam os valores na unidade  $\text{kg ha}^{-1}$  ou o correspondente em  $\text{mg kg}^{-1}$  ou  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , a fim de permitir as comparações com o nível crítico e com os teores.

Em relação ao elemento P, tanto os teores em Fn quanto em Re estão abaixo do nível crítico, mas Re está superior a Fn e as aplicações foram superiores às recomendações, indicando que, mesmo com doses mais do que o dobro do recomendado, os teores de P em Re estavam abaixo do nível crítico. Os teores de K apresentaram resultados semelhantes, com exceção dos teores em Re que, mesmo com aplicações acima do dobro, estavam inferiores inclusive à Fn. No que se refere aos elementos Ca e Mg, ambos apresentaram teores acima do nível crítico, mas se observou uma redução do teor de Re em relação a Fn

Concluindo-se as informações sobre o cultivo, as rotações após as reformas eram previstas para 6 anos, mas têm ocorrido no mesmo intervalo anterior, ou seja, próximo aos 7 anos.

### Quadro 1 – Informações sobre fertilização do solo

Elemento <sup>(1)</sup>	Nível <sup>(2)</sup> g kg <sup>-1</sup>	Nível crítico <sup>(3)</sup>	Teores em Fn <sup>(4)</sup>	Teores em Re <sup>(5)</sup>	Recomendações para implantação <sup>(6)</sup> kg ha <sup>-1</sup>	Aplicações na reforma <sup>(7)</sup> kg ha <sup>-1</sup>
N	MO < 15	-	-	-	60	135
P (mg kg <sup>-1</sup> )	Argila < 150	5,5	1,37	3,97	60 (30 mg kg <sup>-1</sup> )	131 (65,5 mg kg <sup>-1</sup> )
K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Argila < 150	0,25	0,05	0,03	50 (0,06 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	107 (0,14 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		0,8	1,6	1,1	238 (0,30 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	686 (0,86 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		0,2	0,6	0,5	160 (0,33 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	424 (0,88 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )

<sup>(1)</sup> Amostragem de 0–0,2 m; extrator para P e K, Mehlich-1; extrator para Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, KCl 1 M;

<sup>(2)</sup> Nível do atributo de referência para recomendação;

<sup>(3)</sup> Nível crítico do elemento para IMA potencial de 60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>;

<sup>(4)</sup> Teor médio do elemento na floresta natural (Fn) do estudo;

<sup>(5)</sup> Teor médio do elemento no reflorestamento de eucalipto (Re) do estudo;

<sup>(6)</sup> (BARROS, NEVES e NOVAIS, 2000); (RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999);

<sup>(7)</sup> Após 2003;

MO: matéria orgânica.

### 2.3 AMOSTRAGEM E ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS

Em cada sítio estudado foram alocadas três parcelas (repetições), nas quais se coletaram amostras em camadas específicas, nas profundidades de 0–0,1 m, 0,1–0,2 m e 0,2–0,4 m. O estudo nessas camadas se justifica pela importância delas para o manejo florestal. Em cada parcela foram coletadas amostras compostas, formadas a partir de nove amostras simples, coletadas seis nas entrelinhas e três na linha de plantio, totalizando 27 amostras para cada sítio. As parcelas do estudo coincidiram com as parcelas do inventário florestal.

Os atributos físicos dos solos, em número de sete, foram analisados em amostras deformadas e indeformadas. Nas amostras deformadas se analisaram granulometria para as frações areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, areia total, silte e argila, conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997).

Coletaram-se amostras indeformadas em cilindros metálicos grandes (3,07 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>), nas camadas das parcelas, a fim de se determinar: densidade do solo (pelo método do anel volumétrico), densidade das partículas (pela diferença entre a densidade do solo e a porosidade total), macroporos e microporos (pelo método da mesa de tensão) e porosidade total (pela soma da macro e microporosidade), conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997). Também se coletaram amostras indeformadas em cilindros pequenos

( $7,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ ), nos horizontes A e B dos perfis, com três repetições, para se determinar: umidade gravimétrica ( $U_g$ ) obtida no aparelho extrator de Richards (1949), pelo método Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997) e resistência do solo à penetração ( $R_p$ ) com penetrômetro de bancada.

Os resultados obtidos de  $U_g$  e  $R_p$  foram aplicados por analogia às camadas correspondentes. Os resultados do horizonte A foram aplicados à camada de 0–0,2 m, e do horizonte B à de 0,2–0,4 m. O atributo  $U_g$  foi analisado em umidades relativas nas pressões de 0,01 MPa, 0,033 MPa, 0,1 MPa e 1,5 MPa, sendo que a última pressão foi realizada em anel de borracha ao invés do cilindro metálico. O atributo  $R_p$  foi analisado nas pressões 0,033 MPa e 0,1 MPa.

A capacidade de água disponível (CAD) foi calculada pela diferença da  $U_g$  entre as pressões de 0,01 MPa e 1,5 MPa.

A curva de retenção de umidade (CRU), a uma determinada pressão, foi elaborada a partir do modelo de van Genuchten (1980),

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha h)^n]^m}$$

onde,  $\theta_r$  é o conteúdo de umidade residual,  $\theta_s$  é o conteúdo de umidade saturada,  $\alpha$ ,  $n$  e  $m$  são parâmetros empíricos de ajuste do modelo (CARDUCCI, OLIVEIRA, *et al.*, 2011), é entendido que  $h$  é positivo, e onde para o modelo de Mualen

$$m = 1 - 1/n.$$

O modelo de van Genuchten, acima, contém quatro parâmetros independentes ( $\theta_r$ ,  $\theta_s$ ,  $\alpha$ , e  $n$ ), os quais foram estimados a partir de dados de umidade observados.

Os parâmetros e as CRU dos horizontes A e B foram obtidos pela aplicação do software SWRC (NETO, NIELSEN, *et al.*, 2001).

Os atributos químicos analisados foram: pH em água, pH em KCl,  $\Delta\text{pH}$ , matéria orgânica total, fósforo assimilável, bases trocáveis (Ca, Mg, K e Na), acidez trocável, acidez potencial, soma das bases trocáveis, capacidade de troca catiônica, saturação por bases, saturação por alumínio e saturação por sódio, conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997).



### 2.3.1 CONVERSÃO DE ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS EM VALORES NUMÉRICOS

Os atributos morfológicos obtidos pela descrição dos solos em campo, cor, estrutura e consistência (seco, úmido, molhado plasticidade e molhado pegajosidade) também foram aplicados por analogia às camadas dos solos, correspondentes a cada horizonte dos perfis para as parcelas alocadas em cada sítio. Estes atributos com características qualitativas foram convertidos em valores numéricos para possibilitar a inclusão desses dados nos modelos de avaliação de qualidade dos sítios e de qualidade dos solos.

A conversão da cor (matiz, croma e valor) utilizou o índice de avermelhamento (IV), segundo Torrent et al. (1980), que se calcula pela razão  $IV = (H \times C)/V$ , onde os valores numéricos para matiz (H) são 12,5 para 7,5R; 10 para 10R; 7,5 para 2,5YR; 5 para 5YR; 2,5 para 7,5YR e 0 para 10YR ou inferior e os valores numéricos de croma (C) e valor (V) correspondem aos valores da carta de Munsell, conforme USDA (2009). Os valores numéricos encontrados para IV estão na Quadro 2. A estrutura e consistência foram convertidas em valores numéricos de acordo com Menezes (2005) e ajustados para esse estudo, respectivamente conforme Quadro 3 e Quadro 4. Os valores de estrutura foram somados para haver um número único para cada amostra e os valores de consistência foram utilizados individualmente, totalizando-se seis atributos morfológicos avaliados.

Os resultados das análises dos 42 atributos (físicos, químicos e morfológicos) podem ser encontrados do Quadro 31 ao Quadro 34, do ANEXO A – Resultados das análises dos atributos dos solos nas camadas

## Quadro 2 – Valores numéricos do índice de avermelhamento do solo

Cores de Munsell	Nome da cores	Índice de avermelhamento
(10YR 2/1, úmido); (10YR 5/4, úmido); (10YR 4/3, úmido); (10YR 4/2, úmido); (9YR 5/4, úmido); (9YR 4/4, úmido);	preto; bruno-amarelado; bruno-amarelo-escuro; bruno-acinzentado-escuro; bruno-amarelado escuro; bruno-amarelado; bruno-amarelado-escuro	0
(7,5YR 7/4, úmido);	rosado	1
(7,5YR 4/3, úmido);	bruno	2
(5YR 4/4, úmido);	bruno-avermelhado	5
(5YR 4/6, úmido); (5YR 5/8, úmido);	vermelho-amarelado; vermelho-amarelado	8

## Quadro 3 – Valores numéricos para estrutura do solo

Tipo	n	Grau	n	Tamanho	n	Forma	n
Grão simples	0	Sem estrutura	0	Sem estrutura	0	Sem estrutura	0
Maciça	0						
Agregada	1	Fraca	1	Extremamente grande	1	Laminar	1
		Fraca a moderada	1,5	Muito grande a extremamente grande	1,5	Colunar	2
		Moderada	2	Muito grande	2	Prismática	3
		Moderada a fraca	2,5	Grande a muito grande	2,5	Blocos subangulares	4
		Forte	3	Grande	3	Blocos angulares	5
		Média a grande	3,5		3,5	Granular	6
		Média	4		4		
		Pequena a média	4,5		4,5		
		Pequena	5		5		
		Muito pequena a pequena	5,5		5,5		
Muito pequena	6		6				

**Quadro 4 – Valores numéricos para consistência do solo**

Seco	n	Úmido	n	Molhado			
				Plasticidade	n	Pegajosa	n
Solta	1	Solta	1	Não plástica	1	Não pegajosa	1
Solta a macia	1,5	Solta a muito friável	1,5	Não plástica a ligeiramente plástica	1,5	Não pegajosa a ligeiramente pegajosa	1,5
Macia	2	Muito friável	2	Ligeiramente plástica	2	Ligeiramente pegajosa	2
Macia a ligeiramente dura	2,5	Muito friável a friável	2,5	Ligeiramente plástica a plástica	2,5	Ligeiramente pegajosa a pegajosa	2,5
Ligeiramente dura	3	Friável	3	Plástica	3	Pegajosa	3
Ligeiramente dura a dura	3,5	Friável a firme	3,5	Plástica a muito plástica	3,5	Pegajosa a muito pegajosa	3,5
Dura	4	Firme	5	Muito plástica	4	Muito pegajosa	4
Dura a muito dura	4,5	Firme a muito firme	5,5				
Muito dura	5	Muito firme	6				
Muito dura a extremamente dura	5,5	Muito firme a extremamente firme	6,5				
Extremamente dura	6	Extremamente firme	7				

## 2.4 CAPACIDADE PRODUTIVA DOS SÍTIOS

A capacidade produtiva desse estudo foi quantificada por três variáveis dendrométricas, índice de sítio (SI), incremento médio anual (IMA) e razão da produtividade (Rpr). Rpr é a razão entre IMA e o incremento médio anual potencial (IMAp), que resulta um valor entre 0 a 1 e  $\Delta Rpr\% = (1 - Rpr) \times 100$ , conforme método proposto por Menezes (2005), ou seja representa o ganho de produtividade possível em percentual.

As informações sobre as variáveis dendrométricas para esse estudo procederam do inventário florestal realizado por Miranda (2011). Identificaram-se três parcelas (repetições) do inventário em cada sítio, com medições mais recentes, para as coletas de dados dendrométricos e de amostras do solo nas camadas.

O inventário florestal foi realizado na área do estudo desde 2002, com o mesmo método, alocando-se parcelas permanentes circulares, com área de 400 m<sup>2</sup>, distribuídas casualmente; medindo-se na parcela o diâmetro à altura do peito (DAP)<sup>2</sup> de todas as árvores, com DAP igual ou superior a 0,06 m, a altura total das cinco primeiras árvores e a altura total das quatro árvores mais grossas (árvores dominantes). As árvores dominantes foram definidas pelo conceito de Assman, ou seja, altura média das 100 árvores mais grossas por hectare (SCOLFORO, 1997b). As alturas das demais árvores foram estimadas por equações hipsométricas elaboradas a partir de todas as árvores medidas.

O volume de cada parcela foi calculado pelo somatório dos volumes individuais de todas as árvores e o volume de cada árvore foi estimado por equações volumétricas elaboradas a partir da cubagem rigorosa. A cubagem rigorosa é o método para estimar o volume real da árvore (variável dependente) a partir da correlação com as variáveis independentes DAP e altura total (SCOLFORO, 1997a).

A cubagem rigorosa utilizou o método de Smalian para o cálculo dos volumes cilíndricos dos troncos parciais. Após as medições das árvores no inventário se estabeleceu o número de árvores que foram abatidas por classe de diâmetro para a cubagem. As medições das circunferências nas seções das árvores abatidas foram nas distâncias de 0,3 m, 0,7 m, 1,3 m, 2 m e a partir daí a cada 2 m até a circunferência mínima de 0,12 m considerada para o volume comercial. Os volumes das seções da ponta e da cepa da árvore foram calculados separados. O volume da cubagem rigorosa de uma árvore correspondeu à soma de todas as seções. Isto permitiu estimar o volume de uma árvore pelas variáveis independentes DAP e altura total.

Os dados do inventário florestal estavam armazenados num banco de dados do Microsoft Access 2010 (MICROSOFT CORPORATION, 2010a), possibilitando-se com isto utilizar as séries históricas das medições nas parcelas, inclusive as que tiveram suas árvores cortadas em período anterior ao estudo.

---

<sup>2</sup> DAP medido a 1,30 m acima do solo.

As informações dendrométricas utilizadas nesse estudo estavam em rotações e idades diferentes, por isto precisaram ser equalizadas para a idade de referência de 6 anos.

As estimativas de SI, para cada sítio, foram realizadas pelo modelo de Prodan (1), apresentado por Scolforo (1997b), no qual o valor de SI correspondeu à altura média das árvores dominantes (Hd) na idade de referência de seis anos e  $I_{ref}$  foi a idade de referência. Para isso, as curvas de SI foram estabelecidas a partir da correlação múltipla não linear das idades das medições das parcelas do inventário florestal (I) com Hd.

$$SI = \frac{I_{ref}^2}{a+b*I_{ref}+c*I_{ref}^2} \quad (1)$$

O IMA foi calculado pela equação (2), mas antes se equalizou a variável  $V_2$ , para a idade de referência de seis anos, pelos modelos explícitos de produção e crescimento de densidade variável em volume e área basal, equações (3) e (4), de acordo com (CLUTTER, 1963; SCHUMACHER, 1939; SCOLFORO, 1998). Para isso, se utilizou os dados do inventário florestal nas diversas medições.

$$IMA = \frac{V_2}{6} \quad (2)$$

$$V_2 = \exp\left(a + b \times +c I_2^{-1} + d \ln(G_2)\right) \quad (3)$$

$$G_2 = \exp\left(\left(\frac{I_1}{I_2}\right) \times \ln(G_1) + \left(\frac{e}{d}\right) \times \left[1 - \left(\frac{I_1}{I_2}\right)\right] - \frac{f}{d} \times S \times \left[1 - \left(\frac{I_1}{I_2}\right)\right]\right) \quad (4)$$

*IMA*: incremento médio anual  
( $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ );

*V<sub>2</sub>*: produção em volume na idade  
presente  $I_2$  ( $m^3 ha^{-1}$ );

*G<sub>1</sub>*: área basal na idade  $I_1$  ( $m^2$ );

*G<sub>2</sub>*: área basal predita na idade  $I_2$   
( $m^2$ );

*I<sub>1</sub>*: idade inicial (anos);

*I<sub>2</sub>*: idade de referência 6 anos;

*SI*: índice de sítio (m);

*Ln*: logaritmo natural;

*a*: constante;

*b, c, d, e, f*: variáveis.

A variável  $R_{pr}$  foi calculada pela equação (5). O IMA foi medido pelo inventário florestal e equalizado para a idade de seis anos e o IMA<sub>p</sub> foi calculado pelo modelo 3PG (LANDSBERG e WARING, 1997). O 3PG é um modelo baseado em processos, que utiliza princípios fisiológicos para estimar a produtividade de povoamentos florestais equiâneos, e contempla, essencialmente, a quantidade de energia radiante que será absorvida pelo dossel, convertida em carboidratos e alocada nos diferentes componentes da árvore (LANDSBERG e WARING, 1997). Na Quadro 5 estão as variáveis aplicadas aos modelo para os sítios, S1 a S5, e o Quadro 6 se encontram os valores dos principais parâmetros para utilização do modelo 3PG após a parametrização e calibração efetuadas por Borges (2009). Para a capacidade de água disponível foi considerada a profundidade de 2 m para exploração do sistema radicular e os valores de água disponível e densidade do solo nas camadas de 0–0,2 m, 0,2–0,4 m e 0,4–2 m.

$$R_{pr} = \frac{IMA}{IMA_p} \quad (5)$$

*R<sub>pr</sub>*: razão entre IMA e IMA<sub>p</sub>;

*IMA*: incremento médio anual ( $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ );

*IMA<sub>p</sub>*: incremento médio anual potencial ( $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ ).

### Quadro 5 – Variáveis aplicadas para modelo 3PG

Variável	Sítios				
	S1	S2	S3	S4	S5
Latitude (DD)	-12,015	-12,015	-12,015	-12,015	-12,015
Modulador de fertilidade	1	1	1	1	1
Classe de textura de solo	sl	sl	sl	sl	sl
Máxima capacidade de água disponível (mm)	121	137	106	221	75

sl: areia-franca

**Quadro 6 – Valores dos principais parâmetros do modelo 3PG após parametrização e calibração efetuadas por Borges (2009)**

Parâmetro	Símbolo	Unidade	Borges (2009)
Biomassa inicial de folhas	$W_F$	t/ha	0,168
Biomassa inicial de stem (galho+casca+lenho)	$W_S$	t/ha	0,106
Biomassa inicial de raiz	$W_R$	t/ha	0,099
Partição folha/stem para $D=0,2$ m	pFS2	-	1,64
Partição folha/stem para $D=0,2$ m	pFS20	-	0,15
Constante do relacionamento entre massa do stem vs DAP	stemConst	-	0,020
Potência do relacionamento entre massa do stem vs DAP	stemPower	-	3,11
Fração máxima da PPL para raízes	pRx	-	0,5
Fração mínima da PPL para raízes	pRn	-	0,1
Taxa de queda de "litter" para plantios em idade adulta	gammaFx	1/mês	0,07
Taxa de queda de "litter" para $t=0$	gammaF0	1/mês	0,001
Idade em que a taxa de queda de "litter" tem valor médio	tgammaF	Mês	4
Taxa média de ciclagem radicular	Rttover	1/mês	0,025
Temperatura mínima para o crescimento	Tmin	°C	8
Temperatura ótima para o crescimento	Tpot	°C	25
Temperatura máxima para o crescimento	Tmax	°C	40
Valor de 'm' quando FR = 0	m0	-	0
Valor de $f_N$ quando FR = 0	fN0	-	0,5
Potência de $(1 - FR)$ , na expressão do $f_N$	fNn	-	1
Taxa de fertilidade do solo (FR)	FR	-	0,9
Parâmetro relacionado com disponibilidade de água no solo	Soil Class	-	C
Idade máxima do "stand" para computar a idade relativa	MaxAge	Ano	9
Potência da idade relativa na função para $f_{age}$	nAge	-	4
Idade relativa para dar $f_{age} = 0,5$	rAge	-	0,95
Área foliar específica para plantios em idade inicial	SLA0	m <sup>2</sup> /Kg	13,74
Área foliar específica para plantios em idade adulta	SLA1	m <sup>2</sup> /Kg	7,56
Idade na qual a área foliar específica = $\frac{1}{2}(\sigma_0 + \sigma_1)$	tSLA	ano	1,23
Coeficiente de extinção da RFAA pelo dossel	K	-	0,5
Idade de fechamento do dossel	fullCanAge	Ano	2
Máxima proporção de chuva interceptada pelo dossel	MaxIntcptn	-	0,15
IAF em que a interceptação de água pelo dossel é máxima	LAImaxIntcptn	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	3,33
Eficiência quântica máxima do dossel	Alpha	-	0,08
Relação PPL/PPB	Y	-	0,5
Máxima condutância da camada limítrofe do dossel	MaxCond	m/s	0,02
IAF em que a condutância do dossel é máxima	LAlgcx	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	3,33
Define a resposta estomática ao déficit de pressão do vapor	CoeffCond	mbar <sup>-1</sup>	0,0324
Condutância da camada limítrofe do dossel	BLcond	m/s	0,2
Massa de lenho máxima para cada 1 000 árvores ha <sup>-1</sup>	wSx1000	Kg/arv.	300
Fração de galho e casca para plantios em idade inicial	fracBB0	-	0,59
Fração de galho e casca para plantios em idade adulta	fracBB1	-	0,19
Idade na qual a fração de galhos e casca = $\frac{1}{2}(P_{BB0} + P_{BB1})$	tBB	Ano	2,17
Densidade básica mínima – plantios em idade inicial	rhoMin	t/m <sup>3</sup>	0,382
Densidade básica máxima – plantios em idade adulta	rhoMax	t/m <sup>3</sup>	0,505
Idade na qual a densidade básica = $\frac{1}{2}(\rho_0 + \rho_1)$	tRho	ano	2,264
Constante do relacionamento ente Altura vs DAP	aH	-	0,67
Potência do relacionamento ente Altura vs DAP	nHB	-	1,27
Constante do relacionamento entre Volume vs DAP	aV	-	0,0256
Potência do relacionamento entre Volume vs DAP	nVB	-	3,22

## 2.5 RELAÇÕES SOLO-SÍTIO

A aplicação do método solo-sítio foi baseado na correlação dos atributos do solo que explicam significativamente a capacidade produtiva, utilizando-se regressões múltiplas, de acordo com Carmean (1975). O objetivo do método é estimar a capacidade produtiva de sítios sem informações dendrométricas, quando estão em condições semelhantes aos que deram origem aos modelos de regressão. Os atributos do solo são as variáveis independentes e a capacidade produtiva a variável dependente. Conforme explicado na introdução desse estudo, é importante que as parcelas dos povoamentos florestais adultos representem uma ampla variação de sítios. Então, o primeiro passo para aplicação do método foi testar a hipótese nula ( $H_0$ ) pela análise de variância (ANAVA) para a variável dependente a 5% de probabilidade (FERREIRA, 1996; GOMES, 1978; SPIEGEL, 1993; UNDERWOOD, 1997). Quando  $H_0$  foi rejeitada se aplicou o teste de Tukey a 5% para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias da variável analisada.

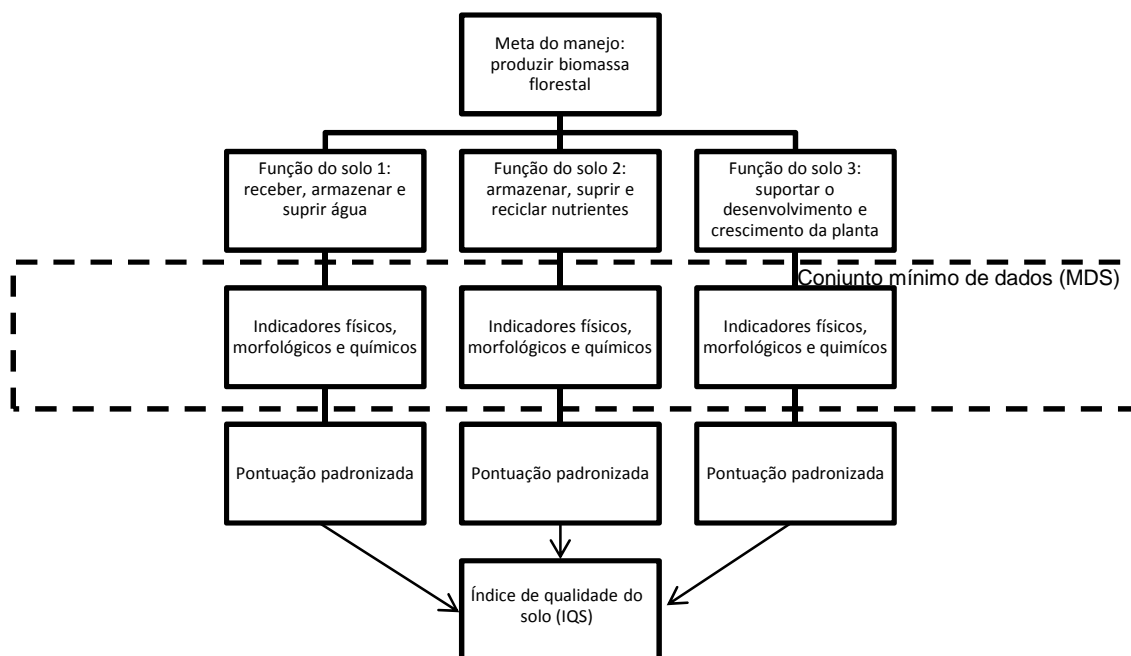
A correlação dos atributos físicos, morfológicos e químicos do solo com as variáveis dependentes SI, IMA e Rpr foi analisada segundo a correlação de Pearson, a 5% de significância, por camada e geral. Os atributos do solo selecionados para testar os modelos foram aqueles que apresentaram os maiores coeficientes de correlação ( $R$ ). Carmean (1975) salientou que muitas variáveis independentes podem não ser verdadeiramente independentes entre si, havendo correlação entre elas. A fim de se eliminar um possível efeito de redundância entre as variáveis independentes fez-se a matriz de correlação também entre os atributos selecionados, retirando-se aqueles que apresentaram coeficientes ( $R$ ) acima de 0,7 entre si. Isto se justifica para prevenir o efeito de multicolinearidade com reflexos na magnitude e até mesmo nos sinais dos parâmetros da regressão. Também foi investigada a existência de possíveis resíduos atípicos e pontos de influência, assim como se analisaram graficamente os valores observados versus estimados e os resíduos. Após ultrapassar essas etapas foi analisado o valor do coeficiente de determinação  $R^2$  e o erro padrão da média de cada modelo.



Os procedimentos estatísticos utilizaram o software Statgraphics Centurion XVI (STATPOINT TECHNOLOGIES, INC., 2011), para se estudar os modelos matemáticos mais adequados.

## 2.6 QUALIDADE DO SOLO

A avaliação da possível alteração da qualidade do solo em função do manejo nos sítios desse estudo utilizou o método desenvolvido por Karlen e Stott (1994) e atualizado por Andrews et al. (2004), que estabelece uma estrutura para avaliação da qualidade do solo (EAQS). A EAQS é composta pela meta do manejo, pelas funções do solo e pelo conjunto mínimo de dados (MDS). Larson e Pierce (1994) caracterizaram o MDS como um grupo de indicadores combinados que possa quantificar as dimensões inerentes e dinâmicas da qualidade do solo, assim como consideraram a utilização de funções de pedotransferências. Na Figura 2 pode observar-se a EAQS estabelecida para avaliação da qualidade do solo deste estudo.



**Figura 2 – Estrutura para avaliação da qualidade do solo (EAQS)**

O retângulo no nível superior representa a meta do manejo que é a produção de biomassa florestal, tendo sido quantificada nesse estudo pela capacidade produtiva dos sítios com Re, ou seja, pelas variáveis dendrométricas SI e IMA. Os retângulos do segundo nível contêm as funções do solo consideradas relevantes para esse caso, seguindo-se sugestão de diferentes autores (ANDREWS, KARLEN e CAMBARDELLA, 2004; CHAER, 2001; KARLEN e STOTT, 1994; KARLEN, DITZER e ANDREWS, 2003; MENEZES, 2005; SOUZA, 2005), que são: 1) receber, armazenar e suprir água; 2) armazenar, suprir e reciclar nutrientes; e 3) suportar o desenvolvimento e crescimento da planta. A partir desse ponto a aplicação da EAQS para se determinar o MDS seguiu três etapas (KARLEN e STOTT, 1994): seleção de indicadores, transformação dos indicadores na pontuação padronizada e cálculo do índice de qualidade do solo.

### 2.6.1 SELECÇÃO DOS INDICADORES

Primeiramente foram selecionados, dentre os 42 atributos do solo desse estudo, os indicadores que melhor representavam as funções do solo (ANDREWS, KARLEN e CAMBARDELLA, 2004) e que, preferencialmente, se correlacionavam com a capacidade produtiva dos sítios. Em seguida, se correlacionaram esses indicadores com todos os demais atributos do solo, selecionando-se os que apresentaram coeficientes de correlação ( $R$ ) significativos ao nível de 5%, tanto nas camadas específicas nas profundidades de 0–0,1 m, 0,1–0,2 m e 0,2–0,4 m, quanto na camada geral de profundidade 0–0,4 m.

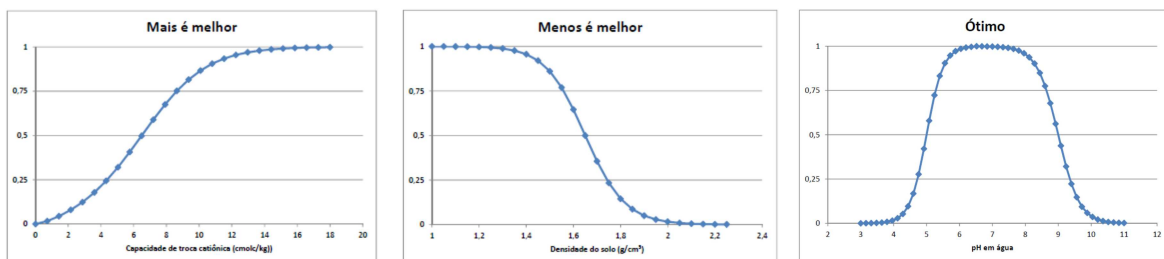
O peso do indicador ( $W_i$ ) foi proporcional aos valores de  $R$  em cada função, ou seja, representou a razão entre a média do coeficiente nas camadas e a soma destas médias em cada função. Os valores dos coeficientes de correlação para os indicadores representativos das funções foi igual a um.

O peso da função ( $W_f$ ) foi estabelecido pela sua relevância com a meta do manejo.

As somas dos pesos dos indicadores e das funções totalizaram valores iguais a um.

## 2.6.2 PONTUAÇÃO PADRONIZADA

Após a seleção dos indicadores e atribuição dos pesos, os valores observados de cada indicador foram transformados em valores de 0 a 1, utilizando-se curvas de pontuação padronizada não lineares (ANDREWS, KARLEN e CAMBARDELLA, 2004; KARLEN e STOTT, 1994). Isto foi feito porque estes indicadores precisam ser combinados para formar o MDS e representar as funções do solo, mas apresentavam diferentes unidades e amplitudes. Então, essas curvas foram estabelecidas pela interpretação do comportamento do indicador em relação à função do solo, e pelos valores críticos dos indicadores na curva, que resultou em curvas de diferentes formas (e.g. mais-é-melhor, menos-é-melhor ou ótimo) (ver na Figura 3).



**Figura 3 – Tipos de curvas para a transformação do indicador do solo na pontuação padronizada: mais-é-melhor; menos-é-melhor e ótimo**

O cálculo da pontuação padronizada do indicador ( $PP_i$ ) pelas curvas utilizou a equação (6) estabelecida por Wymore (1993),

$$PP_i = \frac{1}{1 + \left(\frac{B-L}{x-L}\right)^{2S(B+x-2L)}} \quad (6)$$

onde  $B$  é o valor crítico ou limite base do indicador cuja pontuação padronizada é 0,5,  $L$  é o valor inicial ou limite inferior que o indicador pode expressar aceitando-se inclusive 0,  $x$  é o valor do indicador obtido na amostra e  $S$  é a inclinação da tangente da curva no ponto correspondente ao valor crítico ou limite base.

Tanto os valores de limite inferior ( $L$ ) e o limite superior ( $U$ ), quanto o comportamento das curvas foram estabelecidos por meio de opiniões de especialistas, bancos de dados específicos, publicações especializadas ou conhecimento específico, de acordo com Andrews, Karlen e Cambardella (2004) e Karlen e Stott (1994).

O cálculo da inclinação da tangente à curva ( $S$ ) na linha base ( $B$ ) utilizou a equação (7),

$$S = \frac{\text{Ln}\left(\frac{1}{PP_i} - 1\right)}{2(B+x-2L) \times \text{Ln}\left(\frac{B-L}{x-L}\right)} \quad (7)$$

onde as variáveis são as mesmas atribuídas para a equação (6).

Para o cálculo de  $S$  foi necessário utilizar o valor  $PP_i$  igual a 0,49995 (informação verbal)<sup>3</sup>. A variável  $x$  que é o valor do indicador obtido na amostra foi multiplicada pelo fator 0,99996 ou outro valor próximo que apresentasse o comportamento mais adequado da curva. O valor  $S$  para a curva mais-é-melhor tem sinal positivo e para a curva menos-é-melhor tem sinal negativo. A curva do ótimo é composta por duas partes, mais-é-melhor e menos-é-melhor, sendo calculado um valor  $S$  para a primeira com seu respectivo valor  $B_1$  até o valor ótimo  $B_3$  e outro valor  $S$  após  $B_3$  com sinal negativo com seu respectivo valor  $B_2$ . A visualização da curva foi possível a partir da construção de um gráfico de dispersão, com a variável independente  $x$  correspondendo aos valores intermediários entre  $L$  e  $U$  com intervalos suficientes para 25 valores e a variável dependente com valores estimados para  $PP_i$ .

O cálculo de  $S$  utilizou o software Microsoft Excel 2010 (MICROSOFT CORPORATION, 2010b).

---

<sup>3</sup> Comunicação pessoal do professor Luciano da Silva Souza do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas, Bahia, 2012.

### 2.6.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DO SOLO

Conhecido os valores de  $PP_i$  se aplicou os pesos dos indicadores e das funções obtendo-se a pontuação padronizada do indicador com os pesos ( $PP_w$ ) pela equação (8),

$$PP_w = \frac{\sum(PP_i \times W_i \times W_f \times 10)}{n} \quad (8)$$

onde  $W_i$  é o peso do indicador,  $W_f$  é o peso da função e  $n$  é o número de parcelas. O índice  $i$  representa os indicadores de 1 a  $n$  e o índice  $f$  representa as funções de 1 até  $n$ . A multiplicação pelo número 10 foi sugerido por Andrews, Karlen e Cambardella (2004) para proporcionar um intervalo ente 0 e 10, ao invés de 0 a 1, pensando em facilitar a compreensão pelos usuários potenciais.

Os valores de  $PP_w$  foram calculados separadamente para cada camada e profundidade (1) 0–0,1 m, (2) 0,1–0,2 m, (3) 0,2–0,4 m, e (geral) 0–0,4 m, sendo que a camada (geral) foi calculada pela média ponderada das profundidades, equação (9).

$$PP_{w(0-0,4)} = \frac{PP_{w(0-0,1)} \times 10 + PP_{w(0,1-0,2)} \times 10 + PP_{w(0,2-0,4)} \times 20}{40} \quad (9)$$

O cálculo da pontuação padronizada da função  $PP_f$ , foi realizado pela equação (10), onde  $n$  era o número de parcelas,

$$PP_f = \frac{(\sum PP_w)}{n} \quad (10)$$

O cálculo do IQS para cada sítio foi realizado pela equação (11),

$$IQS = \frac{(\sum PP_f)}{n} \quad (11)$$

onde o índice de qualidade do solo (*IQS*) foi o somatório do produto da pontuação padronizada da função ( $PP_f$ ) e  $n$  o número de parcelas

A comparação entre as médias do indicador pelo fator do sítio foi realizada pelo Teste de Fisher (ou LSD), teste de diferença mínima significativa, ao nível 10% de probabilidade.

## **2.7 QUALIDADE DO SÍTIO**

Tradicionalmente o termo qualidade do sítio se refere à capacidade produtiva em função da combinação dos fatores físicos e fisiológicos numa localização geográfica específica e pode envolver uma classificação descritiva (SKOVSGAARD e VANCLAY, 2008). Ainda de acordo com Skovsgaard e Vanclay (2008), a produtividade do sítio se refere ao potencial de produção estimada de um sítio para um determinado genótipo e um regime de manejo especificado.

A abordagem sobre a qualidade do sítio, tratada nesse estudo, procurou incorporar um novo conceito, conciliando os resultados da capacidade produtiva com os da qualidade de solo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS SOLOS

Todos os solos dos sítios estudados pertencem à classe dos ARGISSOLOS (Quadro 7) de acordo com o SiBCS (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006), estando de acordo com um dos tipos de solos mais característicos dos Tabuleiros do Litoral Oriental (JACOMINE, 1996).

**Quadro 7 – Sítios identificados pelas classes de solo**

Sítio	Uso da terra	Solo	Unidade de mapeamento
S1	Re	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abruptico, textura arenosa/média, A moderado, bem drenado, fase contato savana/floresta ombrófila, relevo plano.	PAdx1
S2	Re	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abruptico, textura arenosa/média, A moderado, moderadamente drenado, fase floresta ombrófila densa, relevo plano.	PAdx2
S3	Re	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico, textura arenosa/média, A moderado, fase floresta ombrófila densa, relevo plano.	PVd
S4	Re	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abruptico, textura arenosa/média, A moderado, fortemente coeso, fase floresta ombrófila densa relevo plano.	PVAd1
S5	Re	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abruptico, textura arenosa/argilosa, A moderado, fortemente coeso, fase floresta ombrófila densa, relevo plano.	PVAd2
S6	Fn	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abruptico, textura arenosa/média, A moderado, bem drenado, fase contato savana/floresta ombrófila, relevo plano.	PAdx1
S7	Fn	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abruptico, textura arenosa/média, A moderado, moderadamente drenado, fase floresta ombrófila densa, relevo plano.	PAdx2
S8	Fn	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico arênico, textura arenosa/média, A moderado, fase floresta ombrófila densa, relevo plano.	PVAd3

Os Argissolos desse estudo apresentaram horizonte B textural com a espessura de pelo menos 10% da soma das espessuras dos horizontes subjacentes e no mínimo 0,75 m, conforme as características morfológicas apresentadas no Quadro 8.

## Quadro 8 – Características morfológicas de perfis de Argissolos em área de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia

Hor.	Prof. m	Cor	Textura	Estrutura	Consistência	Transição
<b>P1</b>						
O	-0,02-0			<b>S1 (PAdx1)</b>		
Ap	0-0,19	9YR 4/4	ar	fra peq bl sa	li du, mui fri / fri, ã plã, ã peg	t cl, pl
AB	0,19-0,30	9YR 5/4	ar-fr	fra peq bl sa	li du / du, mui fri / fri, ã plã, ã peg / li peg	t cl pl
Btx1	0,30-0,61	9YR 5/6	fr-agr	fra peq bl sa	mod coe; du, fri, ã plã, li peg	t dif, pl
Bt2	0,61-1,46	9YR 5/6	fr-agr	fra / mo méd bl sa	du, fri, ã plã, li peg	t dif pl
Bt3	1,46-2,00+	9YR 5/6	fr-agr	fra / mo méd bl sa	du, fri, ã plã, li peg	
<b>P2</b>						
Ap	0-0,2	10YR 2/1	fr-arn	gs / fra méd bl sa	ma, sol, ã plã, ã peg	t abr, pl
AB	0,2-0,34	10YR 4/3	ar-fr	gs / fra méd, gde bl sa	li du, sol / mui fri, ã plã, ã peg	t cl on
BAX1	0,34-0,46	10YR 5/6; mosq c méd dis 10YR 5/1	ar-fr;	mç	mod coe; du, fri, li plã, li peg	t cl, on
BAX2	0,46-0,90	10YR 5/6	fr-arn	mç	mod coe; du, mui fri / fri, li plã, li peg	t dif pl
Bt1	0,90-1,40	10YR 5/6	fr-arn	fra méd, gde bl sa	li du / du, fri, li plã, li peg	t dif pl
Bt2	1,40-1,86	10YR 5/6	fr-arn	fra méd gde bl sa	li du / du, mui fri / fri, li plã, li peg	t cl pl
Bt3	1,86-2,00+	10YR 5/8; mosq p peq dis 2,5YR 4/8	fr-agr	fra méd gde bl sa	li du, mui fri, li plã, li peg	
<b>P3</b>						
O	-0,02-0			<b>S3 (PVd)</b>		
A	0-0,16	7,5YR 7/4	ar-fr	gs / fra gde bl sa	mui fri, ã plã, ã peg	t cl pl
AB	0,16-0,4	col v 5YR 5/8, 5YR 6/6, 5YR 5/2	fr-arn	gs / fra gde bl sa	mui fri, ã plã, li peg	t cl pl
B/A	0,4-0,67	col v 2,5YR 5/8, 2,5YR 4/2, 2,5YR /8	agr	fra gde bl sa	fri, plã, li peg	t dif pl
Bt1	0,67-1,26	2,5YR 4/8	agr	fra gde bl sa	fri, li plã, li peg	t dif pl
Bt2	1,26-1,75	5YR 5/8	agr;	fra gde bl sa	mui fri / fri, li plã, li peg	t dif pl
BC	1,75-2,00+	9YR 6/8; mosq ab gr 5YR 5/8	agr	fra gde bl sa	mui fri, li plã, li peg	
<b>P4</b>						
O	-0,02-0			<b>S4 (PVAd1)</b>		
/	0-0,1	10YR 4/2	ar	gs / fra peq méd gr	ma, sol, ã plã, ã peg	t cl pl
E	0,1-0,19	10YR 5/4	ar	gs / fra méd bl sa	ma, sol, ã plã, ã peg	t abr on
BEx	0,19-0,31	col v 5YR 4/6, 5YR 5/6, 5YR 6/6	ar	mç	fot coe; mui du, fri / fir, li plã, li peg	t cl pl
Btx1	0,31-0,58	5YR 5/6; mosq c méd dif 5YR 5/8; col v 5YR 4/6, 5YR 5/6, 5YR 6/6;	fr-agr	mç	fot coe; mui du / ext du, mui fri a fri, li plã, li peg	t dif pl
Btx2	0,58-1,20	5YR 4/6	fr-agr	mç / fra méd gde bl sa;	fot coe; mui du / ext du, mui fri, li plã, li peg	t dif pl
BC	1,20-1,58	5YR 5/8	fr-arn	fra gde bl sa	du, mui fri, li plã, li peg	
CB	1,58-2,00+	col v 5YR 5/8, 7,5YR 5/8	fr-arn	fra gde bl sa	du, mui fri, li plã, li peg	
<b>P5</b>						
O	-0,02-0			<b>S5 (PVAd2)</b>		
A1	0-0,11	10YR 4/3;	ar-fr	gs / mo méd gde gr;	ma, mui fri, ã plã, ã peg	t cl pl
A2	0,11-0,18	7,5YR 4/3	ar	gs / fra méd gde bl sa	li du, fri, ã plã, ã peg	t cl on
ABx	0,18-0,29	5YR 4/4; mosq c méd dis 5YR 3/3	fr-agr	mç	fot coe; du / mui du, fir / mui fir, plã, li peg	t cl pl
BAX	0,29-0,64	5YR 4/6	fr-agr	mç	fot coe; du, fir / mui fir, plã, li peg	t dif pl
B1	0,64-1,24	5YR 4/6	fr-agr	mç / fra gde bl sa	du, fri, plã, li peg	t cl pl
B2	1,24-1,70	5YR 4/6	fr-agr	fra méd bl sa	li du / du, mui fri / fri, plã, li peg	t cl pl
BC	1,70-2,00+	5YR 4/6; mosq p méd dis 2,5YR 3/6	fr-agr	fra méd bl sa	li du / du, mui fri, li plã / plã, li peg	
<b>P6</b>						
O	-0,02-0			<b>S6 (PAdx1)</b>		
A	0-0,12	10YR 6/4	fr-arn;	gs / fra méd gr	ma, sol / mui fri, ã plã, ã peg	t cl pl
BA	0,12-0,29	9YR 6/8	agr	fra méd bl sa	du, fri / fir, ã plã / li plã; li peg	t cl pl
Btx1	0,29-1,00	9YR 6/8	agr	fra méd gde bl sa	du, fri, li plã, li peg	t cl pl
Bt2	1,00-1,39	9YR 6/8	agr	fra gde mui gde bl sa	mui du, mui fri / fri, ã plã / li plã; ã peg / li peg	t dif pl
BC	1,39-1,85	col v 7,5YR 6/8, 10YR 7/8, 10YR 6/8, 10YR 5/8	agr	fra gde mui gde bl sa	mui fri, li plã, li peg	t dif pl
2C	1,85-2,00+	col v 10YR 7/8, 10Y 4/8	arg	fra gde bl sa	fri, plã, li peg	
<b>P7</b>						
O	-0,02-0			<b>S7 (PAdx2)</b>		
A	0-0,16	10YR 5/2	ar	gs / fra méd gr	ma, mui fri, ã plã, ã peg	t cl pl
ABx	0,16-0,32	10YR 5/2	ar-fr	mç / fra méd bl sa	fot coe; li du / du, fri, ã plã, ã peg	t cl pl
BAX	0,32-0,52	10YR 5/3	fr-agr	mç	fot coe; mui du, fri / fir, li plã / plã, peg	t cl pl
B1	0,52-0,91	10YR 6/4	fr-agr	fra méd gde bl sa	li du / du, mui fri, li plã, li peg	t cl pl
B2	0,91-1,22	10YR 6/4	fr-agr	fra méd gde bl sa	li du, mui fri, li plã, li peg	t cl pl
BC	1,22-1,64	5YR 6/6	fr-agr	fra méd gde bl sa	li du, mui fri, li plã, li peg	t cl pl
CB	1,64-2,00+	7,5YR 6/6	fr-agr	fra méd gde bl sa	li du, mui fri, li plã, li peg	
<b>P8</b>						
O	-0,03-0			<b>S8 (PVAd3)</b>		
A	0-0,11	10YR 6/2	ar-fr;	gs / fra méd gr	sol / mui fri, ã plã, ã peg	t cl pl
AB	0,11-0,30	col v 5YR 5/8, 10YR 4/2, 10YR 4/3, 10YR 7/2	fr-arn	gs / fra méd gr	mui fri, ã plã, ã peg	t cl pl
BA	0,30-0,51	5YR 5/8; mosq p méd pro 10YR 4/2	fr-arn	gs gde bl sa;	mui fri, ã plã, ã peg	t dif pl
Bt1	0,51-0,81	5YR 5/8	fr-arn	fra gde bl sa	mui fri / fri, ã plã, ã peg / li peg	t dif on
Bt2	0,81-1,11	5YR 5/8	agr	fra gde bl sa	mui fri / fri, ã plã / li plã; ã peg	t dif on
Bt3	1,11-1,76	5YR 5/8	fr-agr	fra gde bl sa	mui fri, ã plã, ã peg / li peg	t cl pl
BC	1,76-1,95+	5YR 5/8	fr-agr;	fra gde bl sa	mui fri, ã plã, ã peg / li peg	

Síglas das características morfológicas:

/:	a	dif:	difusa(o);	Hor.:	horizonte	Pn:	Perfil n
ab:	abundante;	dis:	distinto;	li:	ligeiramente;	pro:	proeminente;
abr:	abrupta;	du:	dura;	ma:	macia;	Prof.:	profundidade;
agr:	argiloarenosa;	ext:	extremamente	mç:	maciça;	sa:	subangulares;
ar:	areia;	fir:	firme;	méd:	média(o);	sol:	solta
arg:	argila;	fot:	fortemente;	mo:	moderada	t:	transição;
arn:	arenoso	fr:	franca(o);	mod:	moderadamente;	v:	variada..
bl:	blocos;	fra:	fraca;	mosq:	mosqueado;		
c:	comum;	fri:	friável;	peg:	pegajosa;		
cl:	clara;	gde:	grande;	peq:	pequena(o);		
coe:	coeso;	gr:	granular;	pl:	plana(o);		
col:	coloração;	gs:	grão simples;	plã:	plástico;		



Adicionalmente, a relação textural B/A de todos os perfis foi superior a 1,8, considerando-se que os horizontes A apresentaram teores de argila inferiores a  $150 \text{ g kg}^{-1}$  (Quadro 9). Conjuntamente, ambas as características atenderam as condições estabelecidas pelo SiBCS para a caracterização desse horizonte diagnóstico como B textural. Complementarmente, os solos apresentaram, no horizonte B, textura franco-arenosa ou mais fina, argila de atividade baixa (Tb), saturação por bases trocáveis (V%) baixa e ausência de cerosidade. Todos apresentaram caráter mudança textural abrupta, com exceção do sítio S8 que foi arênico, situando-se no limite de Argissolo para Neossolo Quartzarênico. Morfologicamente, os solos desse estudo se apresentaram profundos com sequências de horizontes A, por vezes E, e Bt até 2 m de profundidade, com estrutura fraca, em blocos subangulares, com consistência ligeiramente dura a dura, friável, não plástica a ligeiramente plástica e não pegajosa a ligeiramente pegajosa.

Essa mudança abrupta do teor de argila entre os horizontes A e B é consequência dos processos de podzolização na evolução dos Latossolos para os Argissolos, com predomínio da mobilidade da argila (CARVALHO, 2001). O ambiente dos Tabuleiros do Litoral Norte da Bahia são caracterizados pelo clima úmido, vegetação de floresta e intensa atividade de degradação da matéria orgânica. A migração da argila do horizonte eluvial para o horizonte iluvial ocorre pelos mecanismos de destruição química da argila em função da redução do pH na liberação dos ácidos húmicos da matéria orgânica, lixiviação da argila floculada e o rearranjo das partículas com a elevação do pH. Os compostos solúveis provenientes da decomposição dos resíduos orgânicos desempenham importante função no processo de podzolização (AGUILAR, BENAYAS e MACIAS, 1980). O ataque acidolítico direto dos minerais sob a influência de compostos orgânicos solúveis induz a acidificação do meio permitindo a acidocomplexólise total ou parcial, principal mecanismo de evolução dos processos de podzolização (CARVALHO, 2001).



Fortunato (2004) também encontrou num Argissolo Amarelo Tb Distrófico abrupto, no Litoral Norte da Bahia, uma grande diferença no teor de argila entre os horizontes A e B, e explicou que pode ter sido um processo de remoção seletiva da fração argila na parte superior do perfil, assim como foi provável que a fração argila tenha sido destruída em superfície, por acidólise, e os produtos liberados lixiviados em profundidade.

De acordo com o *Soil Taxonomy* (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1999), essa diferença textural em solos com horizonte B textural resultam de um ou mais processos atuando simultaneamente ou sequencialmente. A similaridade mineralógica entre a argila do horizonte eluvial e a argila do horizonte iluvial, mais profundo, fortalece a ideia de que a migração da argila foi em razão do produto de uma decomposição e posteriormente sintetizada na forma de partículas do tamanho de argila. Essa mobilidade da argila é influenciada por vários fatores, tais como a dissolução dos agentes cimentantes dos filossilicatos, que aumenta a força iônica da solução e as argilas tendem a flocular. Os movimentos de umedecimento e secagem lideram a distribuição dos cristais (*fabric*) e a dispersão da argila pelo menos enquanto a concentração iônica está alta. A dispersão desejada ocorre enquanto o pH está entre 4,5 e 6,5.

Os Argissolos dos sítios estudados são, de um modo geral, bastante parecidos entre si (Quadro 7). Apesar da distinção marcante, evidenciada pela cor, que os separa no segundo nível categórico em Amarelos (S1, S2, S6 e S7), Vermelhos-Amarelos (S4, S5 e S8) e Vermelho (S3), as outras características morfológicas, físicas e químicas são muito semelhantes para todos os solos.

Em relação ao processo de xantização (amarelecimento) dos horizontes superficiais, estudo realizado por Nunes (2005) mostrou que solos vermelhos no Tabuleiro Costeiro do Litoral Norte da Bahia foram formados a partir da degradação de couraças ferruginosas, em consonância com a intemperização dos sedimentos arenosos da Formação Barreiras, e transformados, progressivamente, em solos amarelos (processo de xantização dos horizontes mais superficiais), devido às modificações da paisagem provocadas pelas oscilações climáticas e associadas, possivelmente, a reativação tectônica.

Considerando-se esses aspectos do solo, bem como os baixos teores de óxidos de ferro nos Argissolos Amarelos (<7%), de acordo com Rezende (2000), a mudança de cor desses solos está fortemente associada aos ciclos de umedecimento e secagem, indicando solos vermelhos nas áreas com menor permanência de água e amarelos onde a água permanece por maior período. De acordo com Ribeiro (1998), em regiões com período seco pronunciado é forte a relação entre a cor vermelha e o teor de óxido de ferro, enquanto que nas regiões de clima ombrófilo os solos se tornam mais amarelos, independente do teor de óxido de ferro, demonstrando ausência de hematita e predominância de goethita.

A semelhança observada para as outras características está associada aos fatores de formação do solo: material de origem, clima, organismos, relevo e tempo, que são muito parecidos, em todos os casos. Estudos apresentados por Ribeiro (1998) mostraram que possivelmente os fatores mais atuantes na pedogênese dos Argissolos da área estejam relacionados à atividade de substâncias húmicas, à atividade e à dinâmica da água e da temperatura, assim como aos processos de ferrólise, acidólise, oxi-redução e hidrólise, em menor ou maior grau a depender das condições do ambiente (vegetação, manejo, pluviosidade etc.), mas de tal forma que estas condições não geram variações significativas entre as regiões de ocorrência desses solos. Assim, o material de origem e, de alguma forma, o relevo se tornam as principais condições nos processos e fatores da pedogênese atual.

De acordo com (NUNES, 2005) os solos da região são derivados de sedimentos mais arenosos da Formação Barreiras, com presença de concreção de ferro na massa do sedimento que conferiu inicialmente coloração avermelhada aos solos. Fato que explica a ocorrência na área de solos com textura franco-arenosa, inclusive no horizonte B, próximo ao limite mínimo do teor de argila para considerá-los como textural.

Conforme Ribeiro (1998) a composição mineralógica da fração areia desses solos é constituída por grãos de quartzo pouco selecionados, com predominância de grãos subarredondados e arredondados sobre grãos angulosos. Ainda segundo esse autor, a fração argila é caracterizada pela presença de caulinita, estando associado a ela traços de goethita, micáceos e quartzo firmemente subdividido.

Em caracterização mineralógica da fração argila dos solos, realizada por Fortunato (2004), num Argissolo Amarelo Tb Distrófico abrupto câmbico de Tabuleiro no Litoral Norte da Bahia, coletada na transição entre os horizontes Bt1 e Bt2 com uma camada ferruginosa, analisadas em condições naturais por difratometria de raios-X, mostra que predomina nesses solos a caulinita e secundariamente goethita, e também existiram indícios de anatásio.

Os solos amarelos, em regiões mais úmidas e grande atividade biológica, tendem a ocorrer em locais de pior drenagem na paisagem. A ocorrência de mosqueados vermelhos indica a concentração de  $Fe^{3+}$  em determinados pontos, formando hematita mesmo sob período de umidade excessiva. Os solos vermelhos bem drenados tendem a maiores teores de óxidos de ferro e alumínio, aumentando a fixação do fósforo, mas a presença da gibsita,  $Al(OH)_3$ , com alto poder adsorvente, pode também ser fator de fixação do fósforo.

Na área do estudo os solos vermelhos ocorreram em áreas mais restritas, nas cotas mais altas do Tabuleiro (acima de 208 m), os amarelos nas cotas mais baixas (de 151 m a 188 m), ou em microrregiões abaciadas áreas mais sujeitas à drenagem moderada, e os vermelho-amarelos nas cotas intermediárias, predominantes na área do estudo. A drenagem foi de moderada nos solos dos sítios S2 e S7 a bem drenada nos demais.

O caráter coeso estava presente na descrição morfológica dos solos de todos os sítios, com exceção do S3. Vale ressaltar que a coesão é um atributo dos solos Amarelos no 3º nível categórico, mas o mesmo não é previsto para os solos Vermelhos e Vermelhos-Amarelos, sendo este caráter indicado no 5º nível categórico. Fez-se necessário também aplicar o 6º nível categórico, drenagem interna do perfil, para diferenciar os Amarelos entre si.

Todos os solos apresentaram nos horizontes AB, BA, E ou Bt1 coesão moderada a forte e nestes casos, os horizontes apresentaram estruturas maciças com consistência seca dura a muito dura (Quadro 8). Exceções se observaram nos perfis 3 (S3, PVd) e 8 (S8, PVAd3) que não apresentaram coesão na análise de campo, mas nas análises de laboratório, os horizontes Bt<sub>1</sub> apresentaram, respectivamente, resistência do solo à penetração de 1,97 MPa e 2,21 MPa,

indicativas de coesão, na pressão de 0,1 MPa (Quadro 9), indicando que podem apresentar coesão também em função da umidade do solo.

Baseado num modelo de circulação e saturação hídrica para solos coesos, Ribeiro (1998) explica que a circulação da água nos horizontes coesos é muito baixa, podendo ficar saturados em certos períodos e ocorrer hidromorfia, além de prejudicar o fluxo vertical da água. O autor destaca que a presença dos horizontes coesos nos solos amarelos é uma característica importante e define que os horizontes que apresentam caráter coeso são muito duros e firmes, maciços, com macroporosidade ligada à atividade biológica, difícil observação da microporosidade, raízes raras no seu interior e frequentemente mortas quando presentes, blocos subangulares, geralmente associados a pequenas concentrações de matéria orgânica, confirmando o que foi encontrado nos solos estudados.

A classificação textural, dos solos nos sítios estudados mostrou que todos apresentaram textura arenosa/média, com uma única exceção para o sítio S5 com textura arenosa/argilosa (Quadro 7). Em relação à granulometria dos perfis (Quadro 9) se observou que os teores de areia total (AT) nos horizontes A variaram de 651 g kg<sup>-1</sup> a 914 g kg<sup>-1</sup>, com média de 841 g kg<sup>-1</sup> e coeficiente de variação (CV%) de 8,41% e nos horizontes B variaram de 562 g kg<sup>-1</sup> a 824 g kg<sup>-1</sup>, com média de 707 g kg<sup>-1</sup> e CV% de 11,91%. O maior teor de AT ocorreu no horizonte E do perfil 4 (S4) com 927 g kg<sup>-1</sup>. Os teores de argila nos horizontes A variaram de 10 g kg<sup>-1</sup> a 219 g kg<sup>-1</sup>, com média de 79 g kg<sup>-1</sup> e CV% de 62,31% e nos horizontes B variaram de 90 g kg<sup>-1</sup> a 350 g kg<sup>-1</sup>, com média de 203 g kg<sup>-1</sup> e CV% de 29,06%. O menor valor de argila ocorreu no horizonte sobrejacente ao horizonte E do perfil 4 (S4) que apresentou 30 g kg<sup>-1</sup> de argila.

Esses valores acima indicaram a forte predominância da fração de AT e a sua baixa variabilidade em ambos os horizontes A e B, bem como a baixa presença da fração argila, mas com alta variabilidade entre os horizontes A e B, refletindo a característica arenosa do material que deu origem a esses solos. Portanto, os teores de argila se constituem em um importante atributo para a diferenciação desses solos e conseqüentemente dos sítios. Essas granulometrias proporcionaram aos horizontes dos solos estudados classes texturais variando de areia até franco-argiloarenosa, predominando a franco-arenosa. Por sua vez, os

teores de argila cresceram quase que linearmente com o aumento da profundidade (Quadro 9) evidenciando a migração dos filossilicatos dos horizontes superficiais em direção aos subsuperficiais.

Fortunato (2004) encontrou em Argissolos Amarelos Tb Distróficos abruptos textura arenosa/média, no Litoral Norte da Bahia, teores de AT nos horizontes A variando de  $800 \text{ g kg}^{-1}$  a  $950 \text{ g kg}^{-1}$ , com média de  $882 \text{ g kg}^{-1}$  e CV% de 5,68% e nos horizontes B variando de  $630 \text{ g kg}^{-1}$  a  $770 \text{ g kg}^{-1}$ , com média de  $710 \text{ g kg}^{-1}$  e CV% de 7,99%. Os teores de argila nos horizontes A variaram de  $30 \text{ g kg}^{-1}$  a  $160 \text{ g kg}^{-1}$ , com média de  $79 \text{ g kg}^{-1}$  e CV% de 50,89%, e nos horizontes B variaram de  $150 \text{ g kg}^{-1}$  a  $380 \text{ g kg}^{-1}$ , com média de  $243 \text{ g kg}^{-1}$  e CV% de 27,68%.

Comparando-se a granulometria desse estudo com a encontrada por Fortunato (2004) se verifica que houve forte semelhança entre as médias e os CV%, dos teores de AT e argila em ambos os horizontes, confirmando-se o padrão da granulometria desses solos para a região.

De acordo com Ferreira (2010), a textura é uma das características físicas do solo mais estáveis e por isso se torna tão relevante tanto na identificação e classificação dos solos, quanto na predição de seu comportamento. O excesso de areia identifica a presença de minerais mais resistentes ao intemperismo e o silte, pela sua instabilidade, se torna o indicador do grau de intemperismo do solo.

O mesmo autor complementou informando que os resultados da granulometria se referem única e exclusivamente à proporcionalidade das partículas inorgânicas que compõem o solo quanto ao tamanho, não apresentando conotação qualitativa, principalmente em relação à mineralogia. Mas, de acordo com Meurer (2007), a textura do solo tem conotações quantitativas e qualitativas. Importantes relacionamentos da textura com outros atributos do solo, tais como estrutura, consistência, porosidade, umidade do solo, resistência do solo à penetração e capacidade de troca catiônica são citados por diversos autores (COSTA, 2005; DEXTER, 2004; KIEHL, 1979; MELLONI, MELLONI e ALVARENGA, 2008; MEURER, 2007; MOREAU, KER, *et al.*, 2006; NUNES e KER, 2001), assim como sua relevância na relação solo-água-planta-atmosfera,.

Em relação à morfologia da estrutura dos Argissolos desse estudo (Quadro 8), no horizonte A apresentou predomínio de grão simples, pequena a média e blocos subangulares a granular, e no horizonte B fraca, média a grande e blocos subangulares. O predomínio da fração areia nos horizontes explica a ausência de agregados estáveis apresentando-se sem estrutura ou grão simples, portanto com ausência ou baixa presença de material cimentante (KIEHL, 1979), tornando-se mais susceptíveis à erosão.

Na avaliação da estrutura pela porosidade desses solos (Quadro 9), os valores de macroporos nos horizontes A e B apresentaram diferenças significativas, encontrando-se, respectivamente, entre  $0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $0,28 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , com média de  $0,23 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e CV% 17,32%, e entre  $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $0,22 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , com média de  $0,18 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e CV% de 21%. Os microporos apresentaram valores com diferença significativa entre os horizontes A e B encontrando-se, respectivamente, entre  $0,14 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , com média de  $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e CV% de 13,05%, e entre  $0,19 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $0,32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , com média de  $0,22 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e CV% de 19,18%. A porosidade total não apresentou diferença entre os horizontes A e B, apresentando-se com mínimo de  $0,32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , máximo de  $0,49 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , média de  $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e CV% de 11,03%. A comparação da macro e microporosidade entre os solos dos oito sítios não apresentou nenhuma diferença significativa, resultando uma média geral de  $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para o primeiro e  $0,19 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para o segundo.

Pode-se concluir com esses resultados que houve uma redução de 21,74% da macroporosidade do horizonte B em relação ao horizonte A, podendo estar associada ao incremento da fração argila e à presença da coesão. Santana, Souza, et al. (2006) também observaram redução da macroporosidade no horizonte BA, em Argissolo Acinzentado de Tabuleiro Costeiro, inclusive considerando-a um atributo melhor para a identificação de horizontes coesos do que a porosidade total e a microporosidade.

Nunes (2005) também encontrou a mesma média de  $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de porosidade total em Argissolos de Tabuleiro no Litoral Norte da Bahia. Segundo Ferreira (2010) todas as variáveis condicionantes da estrutura têm influência sobre a porosidade total do solo, tais como textura e matéria orgânica. Os microporos são importantes para a retenção e armazenamento de água pelo solo,



ao passo que os macroporos são responsáveis pela infiltração, rápida distribuição e aeração do solo e abaixo de  $10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  pode tornar-se prejudicial ao desenvolvimento das plantas (KIEHL, 1979; FERREIRA, 2010).

Os resultados encontrados sobre a  $D_s$  (Quadro 9), nos horizontes A e B dos Argissolos desse estudo foram, respectivamente, de  $1,17 \text{ kg dm}^{-3}$  a  $1,65 \text{ kg dm}^{-3}$ , com média de  $1,42 \text{ kg dm}^{-3}$  e CV% de 10,2%, e de  $1,31 \text{ kg dm}^{-3}$  a  $1,64 \text{ kg dm}^{-3}$ , com média de  $1,46 \text{ kg dm}^{-3}$  e CV% de 7,35%. Mesmo sem apresentar diferença significativa entre as médias dos horizontes, a média do horizonte B foi 2,82% superior, podendo estar associada ao caráter coeso do horizonte. Santana, Souza, et al. (2006) alertaram para a dificuldade de utilização desse atributo para se relacionar com a coesão, inclusive pelas variações proporcionadas pela granulometria.

Fortunato (2004) encontrou nos horizontes A e B, no solo supracitado, respectivamente, amplitude de  $1,44 \text{ kg dm}^{-3}$  a  $1,62 \text{ kg dm}^{-3}$ , com média de  $1,53 \text{ kg dm}^{-3}$  e CV% de 5,03%, e amplitude de  $1,30 \text{ kg dm}^{-3}$  a  $1,69 \text{ kg dm}^{-3}$ , com média de  $1,48 \text{ kg dm}^{-3}$  e CV% de 7,52%. A comparação entre estes valores e os do estudo mostraram que a amplitude e o CV% do horizonte A do estudo foram superiores, principalmente pelo valor do perfil 7 (S7), mas os valores do horizonte B foram muito próximos, validando os valores de ambos. A baixa variabilidade dos valores de  $D_s$  reflete a baixa variação dos valores da fração areia e da porosidade.

No que se refere aos resultados da  $D_p$  dos solos desse estudo (Quadro 9), nos horizontes A e B, respectivamente, se apresentaram entre  $1,97 \text{ kg dm}^{-3}$  e  $2,62 \text{ kg dm}^{-3}$ , com média de  $2,30 \text{ kg dm}^{-3}$  e CV% de 9,71%, e entre  $2,16 \text{ kg dm}^{-3}$  e  $2,5 \text{ kg dm}^{-3}$ , com média de  $2,36 \text{ kg dm}^{-3}$  e CV% de 5,84%. O componente sólido dos solos é representado pela  $D_p$ , que não reflete as condições da estrutura, é um atributo físico muito estável e depende exclusivamente da composição dos minerais e das partículas de matéria orgânica presentes no solo.

Segundo Kiehl (1979), a densidade do quartzo é aproximadamente  $2,66 \text{ kg dm}^{-3}$ , da caulinita  $2,64 \text{ kg dm}^{-3}$  e da matéria orgânica de  $0,40 \text{ kg dm}^{-3}$  a  $1,20 \text{ kg dm}^{-3}$ . Estes valores, quando comparados aos valores da  $D_p$ , permite inferir-se que os valores de  $D_p$  foram inferiores às densidades dos principais

minerais presentes nos solos, pela influência da MO. Os coeficientes de correlação da Dp com a MO, nos horizontes A e B, foram, respectivamente, -0,44 e -0,59, confirmando a relação negativa, ou seja, quanto maior o teor de MO menor o valor de Dp. De qualquer forma, os valores encontrados refletem o predomínio do quartzo na fração areia e caulinita na fração argila nos solos estudados. A alta estabilidade da composição mineral poderá permitir a estimativa do teor de MO (variável dependente) a partir da Dp (densidade da partícula), pela utilização de um modelo de regressão simples.

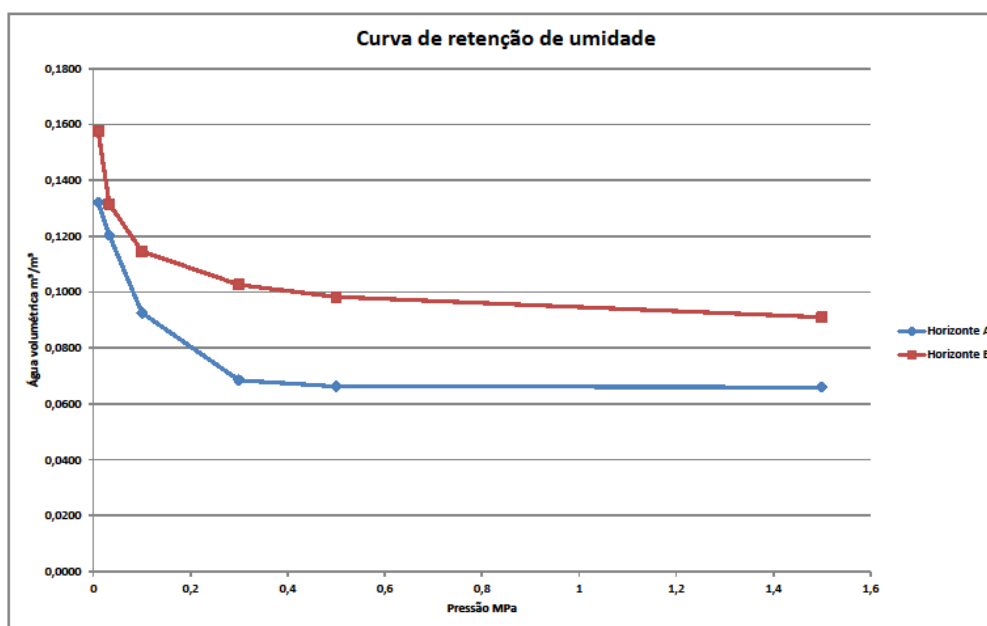
As medições das umidades gravimétricas (Ug) (Quadro 9) tiveram objetivo de preparar-se a curva de retenção de umidade (CRU) dos horizontes A e B (Figura 4). As medições da Ug foram elaboradas nas pressões de 0,01 MPa, 0,033 MPa, 0,1 MPa e 1,5 MPa para todos os solos, mas além destas foram incluídas outras que estavam disponíveis para alguns solos, nas pressões de 0,3 MPa e 0,5 MPa, mas que não foram apresentadas nos resultados desse estudo. Em seguida as Ug foram transformadas para umidade volumétrica ( $\theta$ ).

Os resultados dos parâmetros independentes calculados pelo software SWRC (NETO, NIELSEN, *et al.*, 2001) para a obtenção da CRU pelo modelo de van Genuchten encontram-se no Quadro 10.

**Quadro 10 – Parâmetros independentes para a curva de retenção de umidade pelo modelo de van Genuchten**

Horizonte	$\theta_r$ ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	$\theta_s$ ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	$\alpha$	$n$	$m$	$R^2$
A	0,066	0,136	0,0016	1,2422	9,9031	0,924
B	0,073	0,248	1,0554	2,8068	0,1099	0,978

Na Figura 4, se observa que a redução da umidade, com a elevação da pressão, no horizonte A, a inclinação da curva foi menos acentuada do que no horizonte B, mas o volume de água foi inferior em todas as pressões. De acordo com Reichardt (1990), os principais fatores que afetam a retenção de água no solo são a textura, a porosidade e a estrutura, esta pelo arranjo das partículas, sendo que a microporosidade é a principal responsável pela retenção da água (KIEHL, 1979).



**Figura 4 – Curvas de retenção de umidade, nos horizontes A e B, de Argissolos em área de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia**

Conforme foi citado anteriormente, sobre os solos desse estudo, os horizontes B apresentaram teores médios de argila 157% maiores do que os teores médios dos horizontes A. Assim como, os volumes médios de microporosidade foram 37,5% maiores. Ainda em comparação entre os atributos, os horizontes B apresentaram estrutura fraca em blocos, enquanto que os horizontes A o arranjo das partículas sem estrutura (grão simples). Quanto a densidade do solo não houve diferença significativa.

Portanto, pode-se afirmar que a argila foi o principal atributo do solo que influenciou para a maior capacidade de retenção de umidade do horizonte B. Tanto pela presença, quanto pela migração vertical que promoveu aumento na microporosidade e na densificação do solo. Estas diferenças permitem inferir que para os solos da região, com matriz mais arenosa, o maior teor de argila associado à densificação do horizonte B pode ter papel relevante no aumento da disponibilidade de água para as plantas. A aplicação dos modelos de regressão mostraram que o horizonte B reteve a umidade no solos em média 32% a mais do que o horizonte A.

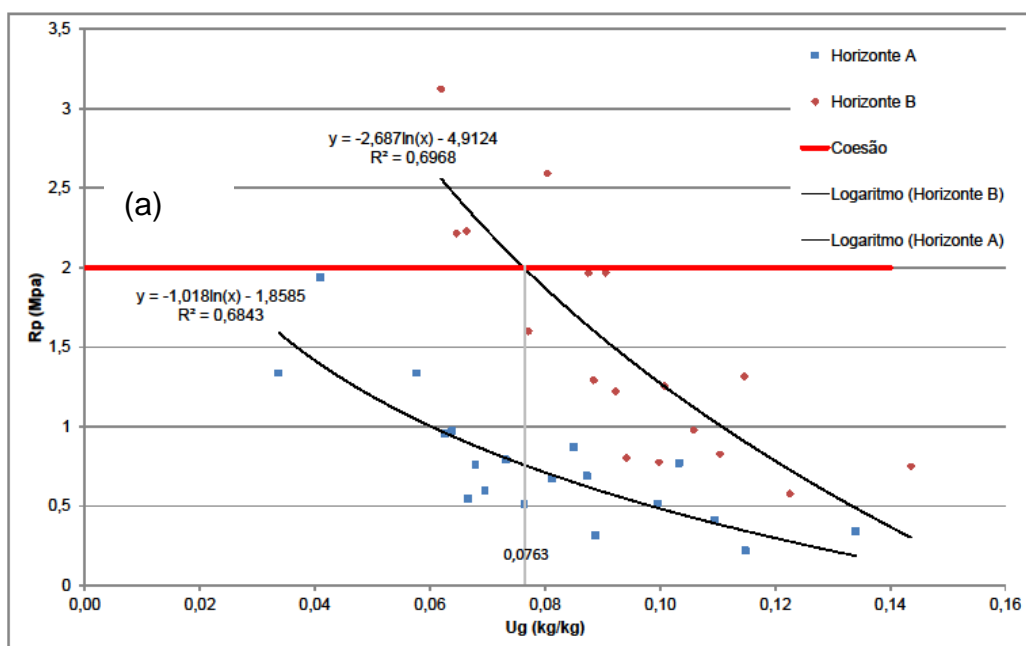
As médias de  $U_g$  na pressão de 0,01 MPa, correspondentes à capacidade de campo (KIEHL, 1979; LIER, 2010; REICHARDT, 1990), não apresentaram diferenças significativas entre os horizontes, e alcançaram amplitude de  $0,06 \text{ kg kg}^{-1}$  a  $0,14 \text{ kg kg}^{-1}$ , média de 0,10 e CV% de 22,81%. As médias de  $U_g$  na pressão de 1,5 MPa apresentaram diferenças significativas entre os horizontes A e B, respectivamente, com amplitude de  $0,03 \text{ kg kg}^{-1}$  a  $0,06 \text{ kg kg}^{-1}$ , média de  $0,05b \text{ kg kg}^{-1}$  e CV% de 29,05%, e amplitude de  $0,05 \text{ kg kg}^{-1}$  a  $0,09 \text{ kg kg}^{-1}$ , média de  $0,06a \text{ kg kg}^{-1}$  e CV% de 19.69%.

Em relação à CAD, não houve diferença significativa entre as médias dos horizontes A e B, mas, respectivamente, a amplitude foi  $0,01 \text{ kg kg}^{-1}$  a  $0,11 \text{ kg kg}^{-1}$ , média de 0,05 MPa e CV% 71,1%, e amplitude de 0,02 MPa a 0,07 MPa, média de  $0,04 \text{ kg kg}^{-1}$  e CV% de 35,59%, refletindo o caráter arenoso desses solos, inclusive em profundidade

A resistência do solo à penetração é o melhor atributo para identificar-se a presença de horizontes coesos, de acordo com Santana, Souza, et al. (2006).

Na Figura 5 se observam as curvas de resistência do solo à penetração ( $R_p$ ), nos horizontes A e B, dos solos desse estudo, com seus respectivos modelos de regressão simples. Santana, Souza, et al. (2006) definiram a umidade crítica de resistência à penetração (UCRP) como sendo a umidade em que foi atingida a resistência crítica de 2,0 MPa. Assim, se verificou que o horizonte A apresentou valores de  $R_p$  nas diversas umidades inferiores ao crítico e o horizonte B apresentou UCRP em  $\approx 0,08 \text{ kg kg}^{-1}$ , confirmando-se a presença da coesão neste horizonte nos Argissolos do estudo. Aplicando-se um dos modelos propostos por Silveira, Melo Filho, et al. (2010) se encontrou um valor de  $0,05 \text{ kg kg}^{-1}$  para UCRP em Argissolo Amarelo Distrocoeso no Recôncavo Baiano, na profundidade de 0,20 m a 0,40 m.

A principal conclusão sobre a UCRP em Argissolos são os baixos valores de umidade em que se manifesta a coesão, limitando seriamente o desenvolvimento das raízes das plantas. Este fato negativo se agrava quando se considera a elevada rapidez da drenagem da água no solo em função da textura franco-arenosa (SILVEIRA, MELO FILHO, *et al.*, 2010).



**Figura 5 – Curvas de resistência do solo à penetração, nos horizontes A e B, em Argissolos em área de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia**

Em geral, os Argissolos apresentam baixa fertilidade natural, com baixos teores de P e SB, segundo Ribeiro, Gontijo e Alvarez V. (1999) e elevada saturação por alumínio. De acordo com Rezende (2000) os solos dos Tabuleiros apresentam baixa fertilidade natural.

apesar do manejo de calagem e adubação realizados nos plantios de eucalipto, este efeito não foi observado nas áreas estudadas

As principais características químicas dos Argissolos estudados (Quadro 11) foram os teores de MO e a baixa saturação por bases (V%). A MO é um dos aspectos químicos mais importantes desses solos, pela sua relação com os atributos estrutura, retenção de umidade, densidade de partículas (Dp), soma de bases trocáveis (SB) e acidez potencial (H+Al). Os valores de MO nos horizontes A e B apresentaram diferenças significativas, respectivamente com amplitude de  $4,86 \text{ g kg}^{-1}$  a  $14,03 \text{ g kg}^{-1}$ , média de  $9,11 \text{ g kg}^{-1}$  e CV% de 34,32%, e amplitude de  $0,21 \text{ g kg}^{-1}$  a  $7,04 \text{ g kg}^{-1}$ , média de  $2,7 \text{ g kg}^{-1}$  e CV% de 64,63%, provavelmente pelo maior aporte nas camadas superficiais, tanto nos sítios com Fn, quanto nos sítios com Re.



Na comparação dos valores de MO entre os solos com sítios cultivados com eucalipto (Re), S1 a S5, e os solos com floresta natural (Fn), S6 a S8, não se apresentou diferença significativa entre si. Os usos de Re e Fn apresentaram respectivamente, amplitude de  $0,21 \text{ g kg}^{-1}$  a  $13,97 \text{ g kg}^{-1}$ , média de  $4,72 \text{ g kg}^{-1}$  e CV% de 83,79%, e amplitude de  $0,52 \text{ g kg}^{-1}$  a  $14,03 \text{ g kg}^{-1}$ , com média de  $4,22 \text{ g kg}^{-1}$  e CV% de 90,84%.

Pelas altas variações apresentadas nos teores de MO, tanto entre os horizontes quanto entre os usos, se confirma a importância da caracterização desse atributo para os Argissolos de tabuleiro do Litoral Norte da Bahia.

Em relação às médias dos valores de V%, nos horizontes A e B, não se observou diferença significativa entre si, mas apresentaram, respectivamente, amplitude de 7% a 68%, média de 30% e CV% de 58,99%, e amplitude de 1% a 58%, com média de 21% e CV% de 71,29%.

Apesar dos manejos de aplicações de calcário e adubações, realizados nos plantios de eucalipto, este efeito não se observou nas áreas estudadas, provavelmente devido ao intervalo de tempo entre essa prática e a coleta de dados para as análises (seis anos em média). Isso, evidencia a capacidade do sistema em perder nutrientes, seja pelo processo de absorção das árvores, ou seja pelo processo de lixiviação, uma vez que esses solos apresentaram textura mais arenosa e baixa CTC, pelo predomínio da caulinita na fração argila.

Esses valores de V% precisam ser observados com cautela porque os solos dos sítios com Re, S1 a S5, foram fertilizados ao longo do manejo, tendo havido de quatro a cinco rotações, com exportações de nutrientes, enquanto que os solos dos sítios com Fn, S6 a S8, estavam na condição natural. Desta forma não foram observadas diferenças significativas entre os usos para o valor V%, apresentando-se respectivamente amplitude de 1% a 71%, com média de 27% e CV% de 73,66%. No segundo caso, ou seja Fn, não houve diferença significativa, a amplitude foi de 9% a 40%, com média de 20% e CV% de 41,68%. Portanto, a média de Re foi 35% superior a média de Fn sugerindo as alterações provocadas pelo manejo, mas de qualquer forma todas as médias apresentaram valores de V% inferiores à 50%, conferindo o caráter distrófico, bem como alta variabilidade.

### 3.2 CAPACIDADE PRODUTIVA DOS SÍTIOS

A capacidade produtiva dos sítios, nesse estudo, foram expressas pela variáveis dendrométricas índice de sítio (SI), incremento médio anual (IMA) e razão da produtividade (Rpr).

As estimativas de SI, na idade de referência de seis anos, para os sítios S1 a S5, foram realizadas pelas equações (12) a (16). Essas equações foram resultados das correlações entre as idades das medições das parcelas do inventário florestal (I) e as alturas médias das árvores dominantes (Hd) das parcelas, apresentando, respectivamente, coeficientes de correlação  $R^2$  ajustado de 99,50%, 98,38%, 99,17%, 97,03% e 95,57%.

$$SI_1 = \frac{Iref^2}{-0,0803938+0,116491*Iref+0,0175302*Iref^2} \quad (12)$$

$$SI_2 = \frac{Iref^2}{0,574534-0,204789*Iref+0,0567165*Iref^2} \quad (13)$$

$$SI_3 = \frac{Iref^2}{-0,230884+0,21294*Iref+0,00245677*Iref^2} \quad (14)$$

$$SI_4 = \frac{Iref^2}{1,03927-0,506046*Iref+0,0962721*Iref^2} \quad (15)$$

$$SI_5 = \frac{Iref^2}{-1,04678+0,720816*Iref-0,0785451*Iref^2} \quad (16)$$

$SI_n$ : índice de sítio do enésimo sítio

$Iref$ : idade de referência 6 anos

Ortiz (2003) também utilizou um modelo regressão não linear para estimar o SI na idade-índice de sete anos para reflorestamento de eucalipto.



Os valores de incremento médio anual (IMA), para os sítios S1 a S5, foram calculados pela equação (17), mas antes se equalizou a variável  $V_2$  para a idade de referência de seis anos, pelos modelos explícitos de produção e crescimento de densidade variável em volume e área basal, equações (18) e (19), de acordo (CLUTTER, 1963; SCHUMACHER, 1939; e SCOLFORO, 1998), aplicadas por Miranda (2011), ambas com coeficiente de determinação  $R^2$  ajustado = 67,10%.

$$IMA = \frac{V_2}{6} \quad (17)$$

$$V_2 = \exp(2,11983 - 4,13624 \times S^{-1} - 1,08949 \times I_2^{-1} + 1,2072 \times \ln(G_2)) \quad (18)$$

$$G_2 = \exp\left(\left(\frac{I_1}{I_2}\right) \times \ln(G_1) + \left(\frac{4,72433}{1,2072}\right) \times \left[1 - \left(\frac{I_1}{I_2}\right)\right] - \frac{0,0222669}{1,2072} \times S \times \left[1 - \left(\frac{I_1}{I_2}\right)\right]\right) \quad (19)$$

*IMA: incremento médio anual*  
*V<sub>2</sub>: produção em volume na idade presente I<sub>2</sub>*

*G<sub>1</sub>: área basal na idade I<sub>1</sub>*  
*G<sub>2</sub>: área basal predita na idade I<sub>2</sub>*  
*I<sub>1</sub>: idade inicial*

*I<sub>2</sub>: idade de referência 6 anos*  
*SI: índice de sítio*  
*Ln: logaritmo natural*

O modelo de Clutter (CLUTTER, 1963) também foi utilizado por Gorgens, Leite et al. (2007) em povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste no Litoral Norte da Bahia obtendo-se resultados favoráveis, confirmando-se assim a aplicabilidade do método desse estudo.

Os resultados dendrométricos utilizados nesse estudo, provenientes das parcelas permanentes do inventário florestal, estão no Quadro 12, no qual pode observar-se tanto os dados obtidos nas medições mais recentes do inventário florestal (N, F, G<sub>1</sub>, Dg, H, V<sub>1</sub> e I), quanto os dados equalizados para a idade de referência de seis anos (SI, G<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>, IMA e IMAp).

**Quadro 12 – Resultados dendrométricos do inventário florestal de *Eucalyptus grandis x urophylla* nos sítios estudados**

Sit.	R.	Ano rot.	Rot.	Clone	N	F	G <sub>1</sub>	Dg	H	V <sub>1</sub>	I	Hd	SI	G <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	IMA	IMAp
S1	1	2008	1ª T	1270	950	1025	9,81	11,04	16,9	79,98	2,4	19,3	28,8	19,09	211,64	35,27	63,1
S1	2	2009	AF	0063	1025	1025	10,12	11,21	18,7	86,71	1,9	18,1	28,8	20,93	236,52	39,42	63,1
S1	3	2009	AF	1528	950	975	10,20	11,54	18,5	85,48	2,0	17,9	28,8	20,78	234,49	39,08	63,1
S2	1	2003	AF	1249	975	1075	18,10	14,64	21,1	180,43	6,3	25,3	25,9	17,57	188,50	31,42	62,5
S2	2	2003	AF	1249	1025	1050	19,30	15,30	21,8	195,70	6,3	26,0	25,9	18,81	204,65	34,11	62,5
S2	3	2003	AF	0321	975	975	21,63	16,80	24,0	226,88	6,3	27,1	25,9	21,22	236,63	39,44	62,5
S3	1	2008	1ª T	1270	875	900	10,87	12,40	18,5	95,67	2,4	20,3	31,7	19,24	216,50	36,08	61,5
S3	2	2009	AF	1407	900	950	10,04	11,60	19,6	90,16	1,9	19,0	31,7	20,15	228,94	38,16	61,5
S3	3	2009	AF	1407	975	1000	11,09	11,88	19,2	96,50	1,9	18,4	31,7	20,80	237,86	39,64	61,5
S4	1	2005	AF	0477	950	975	18,63	15,60	20,3	165,13	5,5	25,5	24,5	19,42	210,71	35,12	68,5
S4	2	2005	AF	0381	1000	1050	20,84	15,90	22,2	237,92	5,5	28,3	24,5	21,57	239,21	39,87	68,5
S4	3	2005	AF	0381	1075	1075	22,73	16,41	23,4	255,00	5,5	24,1	24,5	23,36	263,27	43,88	68,5
S5	1	2008	AF	1423	975	1000	16,18	14,35	24,7	179,99	2,8	24,0	38,2	26,39	306,98	51,16	66,3
S5	2	2008	AF	0063	1000	1000	13,81	13,26	22,4	140,69	2,8	22,1	38,2	24,50	280,62	46,77	66,3
S5	3	2008	AF	0063	925	950	13,06	13,23	22,2	131,25	2,9	21,9	38,2	23,60	268,19	44,70	66,3

Sit.:	sítio;	Hd:	altura média das árvores dominantes (m);
R.:	repetição;	SI:	índice de sítio (m);
Rot.:	rotação;	G <sub>2</sub> :	área basal predita na idade de referência 6 anos (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> );
N:	densidade população em árvores por hectare;	V <sub>2</sub> :	produção em volume na idade referência 6 anos (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> );
F:	densidade de fustes por hectare;	IMA:	incremento médio anual (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> );
G <sub>1</sub> :	área basal na medição (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> );	IMAp:	incremento médio anual potencial pelo 3PG (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> );
Dg:	diâmetro quadrático médio das árvores (cm);	1ª T:	1ª Talhadia;
H:	altura total média (m);	AF:	Alto fuste.
V <sub>1</sub> :	volume sólido com casca na medição (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> );		
I:	idade (anos);		

As médias de SI, dos sítios S1 a S5, variaram entre 24,5 m e 38,2 m, com média geral de 29,8 m, equalizadas para a idade de seis anos ou 72 meses (Quadro 13). Dias et al. (2005) aplicando o método da curva-guia para construir curvas de índice de sítio, em povoamentos de eucalipto desbastados, em Alagoinhas no Litoral Norte da Bahia, encontraram valores entre 19 m e 29 m na idade-índice de 72 meses. Comparando-se o resultado desses autores com os limites mínimo e máximo, desse estudo, se conclui que os sítios de Entre Rios apresentaram capacidade produtiva superior aos de Alagoinhas.

**Quadro 13 – Avaliação das médias de SI dos sítios estudados**

Sítio	Am.	Médias	Desvio padrão	Coeficiente de variação	Mínimo	Máximo	umidade: m
							Amplitude
S1	3	28,8c	0	0%	28,8	28,8	0
S2	3	25,9d	0	0%	25,9	25,9	0
S3	3	31,7b	0	0%	31,7	31,7	0
S4	3	24,5e	0	0%	24,5	24,5	0
S5	3	38,2a	0	0%	38,2	38,2	0
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>29,8</b>	<b>4,9</b>	<b>16,51%</b>	<b>24,5</b>	<b>38,2</b>	<b>13,7</b>

Am.: amostras. Contraste de média pelo método de Tukey ao nível de 5% de significância.

Em outro estudo, os autores trabalharam com três classes de produtividade, no município de Entre Rios, com SI de 15 m, 23 m e 31 m, para determinar as idades técnicas de colheita (SOARES, LEITE, *et al.*, 2004), coincidindo com parte das faixas de valores de SI encontrados nesse estudo. Mesmo assim, os sítios desse estudo mostraram-se com capacidades produtivas superiores aos citados aqui .

A utilização de SI único, para as parcelas de cada sítio, proporcionou coeficientes de variação (CV) nulos ou zeros e todas as médias foram diferentes entre si.

O sítio S5 apresentou o maior SI com 38,2 m (Quadro 13) e o maior IMA com 47,54 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Quadro 14), além disso foi a única média de IMA significativamente diferente das demais ao nível de 5% de probabilidade. As principais fatores do solo que contribuíram para essa superioridade foram os teores de MO e de argila.

Os sítios S1 com SI 28,8 m, S2 com SI 25,9 m e S3 com SI 31,7 m, apresentaram, respectivamente, IMA de 37,92 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, 34,92 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 37,96 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sem diferenças significativas entre si. O sítio S4 que apresentou a menor capacidade produtiva com SI 24,5 m, foi a segunda maior com IMA 39,62 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, mas sem diferença entre nenhum outro sítio. Assim, com exceção do S5, o IMA dos demais sítios, S1 a S4, apresentaram médias muito parecidas indicando, pela semelhança da capacidade produtiva, a homogeneidade entre os solos.

### Quadro 14 – Avaliação das médias de IMA dos sítios estudados

unidade: m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>

Sítio	Am.	Médias	Desvio padrão	Coefficiente de variação	Mínimo	Máximo	Amplitude
S1	3	37,92b	2,30	6,08%	35,27	39,42	4,15
S2	3	34,99b	4,08	11,67%	31,42	39,44	8,02
S3	3	37,96b	1,79	4,71%	36,08	39,64	3,56
S4	3	39,62ab	4,38	11,07%	35,12	43,88	8,76
S5	3	47,54a	3,30	6,94%	44,70	51,16	6,46
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>39,61</b>	<b>5,21</b>	<b>13,16%</b>	<b>31,42</b>	<b>51,16</b>	<b>19,74</b>

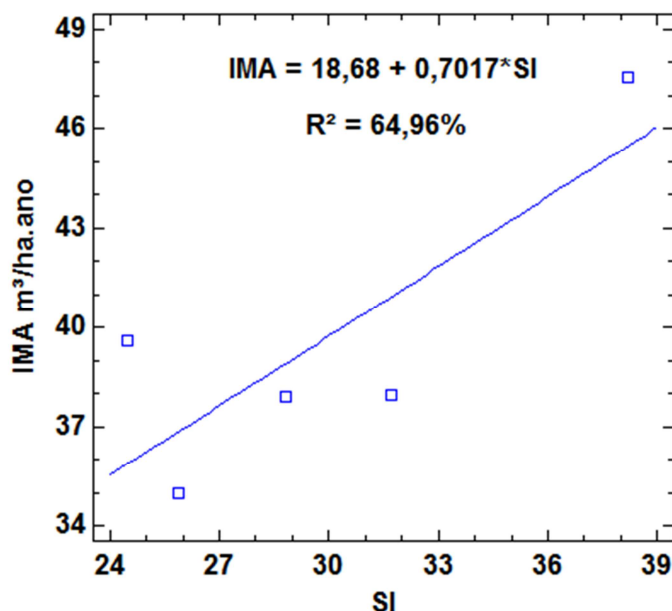
Am.: amostras. Contraste de média pelo método de Tukey ao nível de 5% de significância.

Estudo realizado por Soares et al. (2004) para determinar a idade de técnica de corte para *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, em Entre Rios, encontrou valores de IMA aos 72 meses, para o SI 15 m de 17,71 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para o SI 23 m de 33,26 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e para o SI 31 m de 51,50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Comparando-se as correlações entre SI e IMA encontradas nesse estudo com as de Soares et al. (2004), se observaram divergências e similaridades. A divergência se encontrou entre os sítios mais produtivos, com valores nesse estudo de SI 23,23% superior e de IMA 7,69% inferior, do que o citado autor. Isso, indica a forte possibilidade de aumentar a produção no sítio S5 em função da sua alta potencialidade, mas com baixa produtividade atual.

As similaridades se verificaram nos sítios com capacidades produtivas intermediárias, S1 a S4 nesse estudo e SI 23 m de Soares et al. (2004), que apresentaram a mesma tendência, com superioridade do primeiro em relação ao segundo, tanto no valor de SI, quanto no valor de IMA. O valor médio de SI no primeiro de 27,72 m, foi superior 20,55%, em relação ao segundo e o valor médio de IMA de 37,62 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, foi superior 13,12%, em relação ao segundo. Isso, confirmou a correlação entre os valores de SI e IMA, havendo aumento de produtividade com aumento da capacidade produtiva, indicou a alta potencialidade desses sítios em comparação com outros na mesma região e a possibilidade de aumentar de produtividade pelo manejo dos solos.

Numa outra análise entre as médias das variáveis dendrométricas, SI e IMA, se verificou a correlação entre elas, elaborando-se uma regressão linear simples (Figura 6), que apresentou R<sup>2</sup> igual a 64,96%, confirmando assim, a forte correlação entre essas variáveis, principalmente pela superioridade da

capacidade produtiva do sítio S5 com SI 38,2 m. Assim, o aumento da capacidade produtiva quantificada pelo SI apresentou correlação positiva com a produtividade quantificada pelo IMA.



**Figura 6 – Correlação entre as médias das variáveis dendrométricas, SI e IMA, equalizadas na idade de seis anos, em Argissolos no Litoral Norte da Bahia**

Pesquisas realizadas por Stape *et al* (2010) em plantações clonais de *Eucalyptus* em sete regiões no Brasil<sup>4</sup>, com amplitude de 1000 km, mostraram IMA de 46 m³ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em condições de fertilização operacional usual. Comparando-se esse resultado com a média geral de IMA desse estudo, 39,61 m³ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, se verifica a possibilidade de aumentar a produtividade em 16,13%.

Os mesmos autores mostram ainda, que num sítio florestal em Eunápolis (BA), o manejo de eucalipto com fertilização tradicional, sem irrigação, alcançou aproximadamente 59,6 m³ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, aos 6 anos, em sítio com índice de sítio 32 m, aos 5 anos e 71,6 m³ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com alta fertilização e irrigação num sítio de 33,4 m, aos 5 anos. Assim, essas produtividades foram superiores ao sítio mais produtivo desse estudo, o S5, respectivamente, 25,37% e 50,61%. Considerando-se que SI do S5 foi 19,38% superior, em relação ao primeiro citado, pode afirmar-

<sup>4</sup> Aracruz (ES), Guanhães (MG), Bocaiuva (MG), Mogi Guaçu (SP), Luiz Antonio (SP), Eunápolis (BA) e Teixeira de Freitas (BA).

se que existe uma ampla possibilidade de incrementar a produtividade da área do estudo pelo manejo do solos.

Os valores de Rpr são o resultado da razão entre o IMA medido pelo inventário florestal e o IMAp estimado pelo programa 3-PG (LANDSBERG e WARING, 1997), refletindo-se a potencialidade de crescimento da produtividade.

Os valores de Rpr encontrados nesse estudo variaram de 0,72 no sítio S5 a 0,56 no sítio S3 (Quadro 15). Novamente, o sítio S5 foi o maior valor e único diferente dos demais, confirmando sua potencialidade bem acima da média geral da área desse estudo. Mesmo assim, ainda pode incrementar-se potencialmente a produtividade desse sítio em 28%, de acordo com os resultados desse estudo.

O incremento médio potencial na produtividade, apontado nesse estudo, pela Rpr, foi  $[(1 - 0,61) \times 100] = 39\%$ , que poderia ser alcançado pelo manejo dos solos.

**Quadro 15 – Avaliação das médias de Rpr dos sítios estudados**

Sítio	Am.	Médias	Desvio padrão	Coefficiente de variação	Mínimo	Máximo	Amplitude
S1	3	0,60ab	0,04	6,08%	0,56	0,62	0,06
S2	3	0,56b	0,06	11,67%	0,50	0,63	0,13
S3	3	0,62ab	0,03	4,71%	0,59	0,64	0,05
S4	3	0,58b	0,06	11,07%	0,51	0,64	0,13
S5	3	0,72a	0,05	6,94%	0,67	0,77	0,10
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>0,61</b>	<b>0,07</b>	<b>11,59%</b>	<b>0,50</b>	<b>0,77</b>	<b>0,27</b>

Am.: amostras. Contraste de média pelo método de Tukey ao nível de 5% de significância.

Segundo Neves (informação verbal)<sup>5</sup> o valor de produtividade, em termos médios das empresas florestais no Brasil, oscila em torno de 70% do valor do potencial estimado pelo 3-PG, e, nos melhores talhões em torno de 90% desse potencial.

<sup>5</sup> Comunicação pessoal do professor Julio Cezar da Costa Neves, Departamento de Solos, Programa de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa.

### 3.3 RELAÇÕES SOLO-SÍTIO

As relações solo-sítio foram baseadas nas correlações de Pearson dos atributos do solo com a capacidade produtiva do sítio, utilizando-se regressões múltiplas para isso (CARMEAN, 1975).

Os atributos do solo utilizados para essas correlações foram 20 físicos, seis morfológicos e 16 químicos, em três camadas específicas (0–0,1 m; 0,1–0,2 m; e 0,2–0,4 m) e uma geral (0–0,4 m). Os atributos do solo analisados no horizonte A dos perfis, umidade gravimétrica ( $U_g$ ), capacidade de água disponível (CAD) e resistência do solo à penetração ( $R_p$ ), consideraram os valores do coeficiente de correlação ( $R$ ) na camada com profundidade de 0–0,2 m, repetindo-se nas duas primeiras, por isso tendo sendo representados apenas na camada 0,1–0,2 m. Os valores de  $R$ , dos atributos consistência molhada plasticidade (ConPlast) e consistência molhada pegajosidade (ConPegaj), foram omitidos nas camadas 0–0,1 m e 0–0,2 m, porque não variaram entre os sítios. Assim, com a redução de 11 correlações se possibilitaram 157 correlações para cada variável dependente.

As variáveis dependentes no método solo-sítio, utilizadas nesse estudo, foram índice de sítio (SI), incremento médio anual (IMA) e razão a produtividade ( $R_{pr}$ ), obtidas a partir dos resultados das parcelas do inventário florestal (Quadro 12). A análise de variância (ANAVA) das variáveis SI, IMA e  $R_{pr}$ , apresentaram, respectivamente, os valores  $P$  0,0000, 0,0095 e 0,0266, confirmando a diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade e sendo rejeitada a hipótese  $H_0$ , havendo pelo menos uma média diferente das outras. Isso, atendeu a premissa do método solo-sítio sobre a necessidade de diferença entre os sítios.

Os atributos do solo correlacionados com SI, que obtiveram valores de  $R$  iguais ou superiores a 0,7, foram na camada de 0–0,1 m: PorosTot; na camada 0,1–0,2 m:  $D_p$ , IV, ConÚmido,  $\Delta pH$ , e H+Al; e na camada de 0,2–0,4 m:  $U_g$ \_1,5, CAD e  $\Delta pH$ ; portanto 9 atributos (Quadro 16). Após a verificação de independência entre os atributos significativos (Quadro 17), foram selecionados

para o modelo de SI, na camada 0,1–0,2 m, IV e Dp, e na camada de 0,2–0,4 m, CAD, portanto 3 atributos para SI.

**Quadro 16 – Coeficientes de correlação dos atributos do solo com SI**

Atributo	Profundidades das camadas m			
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	Geral <sup>(1)</sup>
<b>Atributos físicos</b>				
AMG	0,23	0,14	-0,13	-0,02
AG	0,24	0,18	0,27	0,22
AM	0,05	0,05	0,00	0,03
AF	-0,35	-0,18	-0,25	-0,25
AMF	-0,66*	-0,65*	-0,42	-0,57*
AT	-0,55	-0,29	-0,37	-0,37*
Silte	0,44	0,12	0,28	0,28
Argila	0,22	0,34	0,31	0,25
Dp	-0,45	-0,72*	-0,35	-0,42*
Ds	0,49	-0,23	-0,26	-0,04
PorosMa	-0,60*	-0,52*	-0,21	-0,39*
PorosMi	-0,02	0,33	0,43	0,24
PorosTot	-0,74*	-0,50	0,11	-0,34*
Ug_0,01	-	0,10	-0,40	-0,02
Ug_0,033	-	0,25	0,67*	0,30*
Ug_0,1	-	-0,51	-0,10	-0,31*
Ug_1,5	-	0,53*	0,76*	0,38*
CAD	-	-0,17	-0,78*	-0,32*
Rp_0,033	-	-0,01	-0,04	-0,02
Rp_0,1	-	0,47	0,32	0,20
<b>Atributos morfológicos</b>				
IV	0,19	0,95*	0,16	0,17
Estrutura	0,07	-0,27	-0,26	-0,14
ConSeco	-0,10	0,54*	-0,14	0,06
ConÚmido	0,60*	0,88*	0,58*	0,48*
ConPlast	-	-	0,41	0,18
ConPegaj	-	-	0,10	0,02
<b>Atributos químicos</b>				
pH_H <sub>2</sub> O	-0,24	-0,53*	-0,59*	-0,33*
pH_KCl	-0,15	-0,15	-0,07	-0,09
ΔpH	0,27	0,80*	0,75*	0,62*
MO	0,59*	0,68*	0,58*	0,41*
P	-0,12	-0,05	0,28	-0,05
Ca	0,10	0,30	0,06	0,08
Mg	0,34	0,37	-0,01	0,19
K	-0,14	-0,08	-0,25	-0,10
Na	0,45	0,39	0,20	0,32*
SB	0,18	0,34	0,05	0,11
Al	0,23	0,33	0,38	0,24
H+Al	0,59*	0,70*	0,50	0,58*
CTC	0,43	0,64*	0,46	0,37*
V%	-0,13	-0,23	-0,27	-0,16
Al%	0,15	0,14	0,26	0,15
Na%	0,26	-0,17	-0,04	0,04

<sup>(1)</sup> Profundidade 0–0,4 m;

\* estatisticamente significativo a 95% de probabilidade;

Siglas dos atributos físicos

AMG: areia muito grossa (2-1 mm);  
 AG: areia grossa (1-0,5 mm);  
 AM: areia média (0,5-0,25 mm);  
 AF: areia fina (0,25-0,1 mm);  
 AMF: areia muito fina (0,1-0,05 mm);  
 AT: areia total (2-0,05 mm);  
 Dp: densidade da partícula;  
 Ds: densidade do solo;  
 PorosMa: macroporos;  
 PorosMi: microporos;  
 PorosTot: poros total;  
 IV: índice de avermelhamento;  
 ConSeco: consistência do solo seco;  
 ConÚmido: consistência do solo úmido;  
 ConPlast: consistência do solo molhado – plasticidade;  
 ConPegaj: consistência do solo molhado – pegajosidade.

Siglas dos atributos morfológicos

Ug\_0,01: umidade gravimétrica na pressão 0,01 MPa;  
 Ug\_0,033: umidade gravimétrica na pressão 0,033 MPa;  
 Ug\_0,1: umidade gravimétrica na pressão 0,1 MPa;  
 Ug\_1,5: umidade gravimétrica na pressão 1,5 MPa;  
 CAD: capacidade de água disponível;  
 Rp\_0,033: resistência do solo à penetração na pressão 0,033 MPa;  
 Rp\_0,1: resistência do solo à penetração na pressão 0,1 MPa.

Siglas dos atributos químicos

pH\_H<sub>2</sub>O: pH em água;  
 pH\_KCl: pH em cloreto de potássio;  
 ΔpH: delta pH = pH\_KCl – pH\_H<sub>2</sub>O;  
 MO: matéria orgânica total;  
 P: fósforo assimilável;  
 Ca: cálcio trocável;  
 Mg: magnésio trocável;  
 K: potássio trocável;  
 Na: sódio trocável;  
 SB: soma de bases trocáveis;  
 Al: acidez trocável;  
 H+Al: acidez potencial;  
 T: capacidade de troca catiônica;  
 V%: saturação por bases trocáveis;  
 Al%: saturação por alumínio;  
 Na%: saturação por sódio.



**Quadro 17 – Verificação de independência entre os atributos do solo significativos para o modelo solo-sítio de SI**

Atributos selecionados com maior valor <i>R</i>			Atributos com valor <i>R</i> maior ou igual a 0,7 com os atributos selecionados		
Camada m	Atributo	<i>R</i>	Camada m	Atributo	<i>R</i>
0,1–0,2	IV	0,95	0,1–0,2	ConÚmido	0,72
			0,1–0,2	ΔpH	0,79
			0,1–0,2	H+Al	0,76
			0,2–0,4	Ug_1,5	0,76
			0,2–0,4	ΔpH	0,74
0,1–0,2	Dp	-0,80	-	-	-
0,2–0,4	CAD	-0,78	0–0,1	PorosTot	0,76

O modelo testado e aceito para de estimar-se SI em função dos atributos do solo foi:

$$SI = 38,6331 + 4,49541*IV_{0,1,0,2} - 3,70421*Dp_{0,1,0,2} - 0,642478*CAD_{0,2,0,4} \quad (20)$$

onde, SI é o índice de sítio, IV<sub>0,1,0,2</sub> o índice de vermelho de 0,1–0,2 m, Dp<sub>0,1,0,2</sub> a densidade da partícula de 0,1–0,2 m, na unidade g cm<sup>-3</sup>, e CAD<sub>0,2,0,4</sub> a capacidade de água disponível de 0,2–0,4 m, na unidade g 100 g<sup>-1</sup>. O modelo apresentou coeficiente de determinação *R*<sup>2</sup> ajustado 95,69%, erro padrão da estimativa 1,02 e erro absoluto da média 0,75.

Os atributos do solo correlacionados com IMA, que obtiveram valores de *R* iguais ou superiores a 0,6, foram na camada de 0–0,1 m: MO e H+Al; de 0,1–0,2 m: Ug<sub>0,1</sub>, IV, ΔpH, H+Al e CTC; de 0,2–0,4 m: Ug<sub>0,033</sub>, Ug<sub>1,5</sub>, ConÚmido, ConPlast; portanto 11 atributos (Quadro 18). Após a verificação de independência entre os atributos significativos (Quadro 19), foram selecionados para testar o modelo de IMA, na camada de 0–0,1 m H+Al; de 0,1–0,2 m Ug<sub>0,1</sub> e H+Al; e de 0,2–0,4 m Ug<sub>1,5</sub> e Ug<sub>0,33</sub>.

Quadro 18 – Coeficientes de correlação dos atributos do solo com IMA

Atributo	Profundidades das camadas m			
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	Geral <sup>(1)</sup>
<b>Atributos físicos</b>				
AMG	0,17	-0,07	-0,16	-0,08
AG	0,11	-0,04	0,07	0,04
AM	-0,25	-0,22	-0,27	-0,24
AF	0,09	0,08	0,10	0,09
AMF	-0,49	-0,45	-0,29	-0,40*
AT	-0,33	-0,31	-0,28	-0,28
Silte	0,17	0,22	0,34	0,21
Argila	0,35	0,25	0,16	0,19
Dp	-0,25	-0,53*	0,27	-0,20
Ds	0,35	-0,38	-0,13	-0,06
PorosMa	-0,50	-0,35	0,02	-0,24
PorosMi	0,22	0,38	0,27	0,27
PorosTot	-0,48	-0,16	0,26	-0,12
Ug_0,01	-	0,25	0,08	0,17
Ug_0,033	-	0,12	0,62*	0,20
Ug_0,1	-	-0,66*	-0,07	-0,38*
Ug_1,5	-	0,17	0,77*	0,21
CAD	-	0,14	-0,34	0,01
Rp_0,033	-	0,10	0,08	0,09
Rp_0,1	-	0,56*	0,36	0,24
<b>Atributos morfológicos</b>				
IV	-0,16	0,71*	0,29	0,19
Estrutura	0,41	-0,21	-0,50*	-0,23
ConSeco	-0,16	0,27	0,38	0,14
ConÚmido	0,25	0,58*	0,73*	0,40*
ConPlast	-	-	0,60*	0,26
ConPegaj	-	-	0,17	0,02
<b>Atributos químicos</b>				
pH_H <sub>2</sub> O	-0,34	-0,39	-0,30	-0,27
pH_KCl	-0,27	-0,10	0,26	-0,10
ΔpH	0,11	0,60*	0,58*	0,45*
MO	0,61*	0,50	0,41	0,35*
P	-0,38	-0,39	0,28	-0,20
Ca	0,02	0,41	0,42	0,10
Mg	0,27	0,22	-0,08	0,13
K	0,02	-0,16	-0,36	-0,09
Na	0,17	0,55*	0,27	0,26
SB	0,09	0,37	0,32	0,11
Al	0,07	0,07	0,02	0,04
H+Al	0,66*	0,65*	0,39	0,54*
CTC	0,39	0,61*	0,47	0,35*
V%	-0,17	-0,19	-0,27	-0,12
Al%	-0,02	-0,07	-0,11	-0,06
Na%	-0,04	0,02	-0,01	-0,01

<sup>(1)</sup> Profundidade 0–0,4 m;

\* Teste de Tukey estatisticamente significativo a 95% de probabilidade;

Síglas dos atributos físicos

AMG: areia muito grossa (2-1 mm);  
 AG: areia grossa (1-0,5 mm);  
 AM: areia média (0,5-0,25 mm);  
 AF: areia fina (0,25-0,1 mm);  
 AMF: areia muito fina (0,1-0,05 mm);  
 AT: areia total (2-0,05 mm);  
 Dp: densidade da partícula;  
 Ds: densidade do solo;  
 PorosMa: macroporos;  
 PorosMi: microporos;  
 PorosTot: poros total;  
 IV: índice de avermelhamento;  
 ConSeco: consistência do solo seco;  
 ConÚmido: consistência do solo úmido;  
 ConPlast: consistência do solo molhado – plasticidade;  
 ConPegaj: consistência do solo molhado – pegajosidade.

Síglas dos atributos morfológicos

Ug\_0,01: umidade gravimétrica na pressão 0,01 MPa;  
 Ug\_0,033: umidade gravimétrica na pressão 0,033 MPa;  
 Ug\_0,1: umidade gravimétrica na pressão 0,1 MPa;  
 Ug\_1,5: umidade gravimétrica na pressão 1,5 MPa;  
 CAD: capacidade de água disponível;  
 Rp\_0,033: resistência do solo à penetração na pressão 0,033 MPa;  
 Rp\_0,1: resistência do solo à penetração na pressão 0,1 MPa.

Síglas dos atributos químicos

pH\_H<sub>2</sub>O: pH em água;  
 pH\_KCl: pH em cloreto de potássio;  
 ΔpH: delta pH = pH\_KCl – pH\_H<sub>2</sub>O;  
 MO: matéria orgânica total;  
 P: fósforo assimilável;  
 Ca: cálcio trocável;  
 Mg: magnésio trocável;  
 K: potássio trocável;  
 Na: sódio trocável;  
 SB: soma de bases trocáveis;  
 Al: acidez trocável;  
 H+Al: acidez potencial;  
 T: capacidade de troca catiônica;  
 V%: saturação por bases trocáveis;  
 Al%: saturação por alumínio;  
 Na%: saturação por sódio.

**Quadro 19 – Verificação de independência entre os atributos do solo significativos para o modelo solo-sítio de IMA**

Atributos selecionados com maior valor $R$			Atributos com valor $R$ maior ou igual a 0,7 com os atributos selecionados		
Camada m	Atributo	$R$	Camada m	Atributo	$R$
0,2–0,4	Ug_1,5	0,77	0,1–0,2	IV	0,76
			0,2–0,4	ConÚmido	0,82
0–0,1	H+Al	0,66	-	-	-
0,1–0,2	Ug_0,1	-0,66	-	-	-
0,1–0,2	H+Al	0,65	0–0,1	MO	0,73
			0,1–0,2	$\Delta$ pH	0,74
			0,1–0,2	CTC	0,92
0,2–0,4	Ug_0,033	0,62	-	-	-

O primeiro modelo testado para estimar-se IMA em função dos atributos do solo foi

$$\text{IMA} = 24,1595 + 2,95075 \cdot \text{H+Al}_{0,0,1} - 1,23442 \cdot \text{Ug}_{0,1,0,1,0,2} + 1,36754 \cdot \text{H} + \text{Al}_{0,1,0,2} + 0,334561 \cdot \text{Ug}_{0,033,0,2,0,4} + 1,38392 \cdot \text{Ug}_{1,5,0,2,0,4} \quad (21)$$

que apresentou  $R^2$  ajustado 81,78% e erro padrão da estimativa 2,17. Na análise de resíduos atípicos surgiram três valores correspondentes ao sítio S4, repetição 3, e na análise de pontos influentes três valores correspondentes ao sítio S1, repetição 1. Esses seis valores foram retirados, sendo gerado novo modelo,

$$\text{IMA} = 21,248 + 3,17186 \cdot \text{H+Al}_{0,0,1} - 1,18514 \cdot \text{Ug}_{0,1,0,1,0,2} - 0,896278 \cdot \text{H} + \text{Al}_{0,1,0,2} + 0,23647 \cdot \text{Ug}_{0,033,0,2,0,4} + 2,48595 \cdot \text{Ug}_{1,5,0,2,0,4} \quad (22)$$

agora com  $R^2$  ajustado 92,10%, erro padrão da estimativa 1,46 e erro absoluto da média 1, melhorando sensivelmente a qualidade do modelo, onde, IMA é o incremento médio anual, na unidade  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , H+Al<sub>0,0,1</sub> a acidez potencial na profundidade de 0–0,1 m, na unidade  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , Ug<sub>0,1,0,1,0,2</sub> a umidade gravimétrica na pressão de 0,1 MPa de 0,1–0,2 m, na unidade  $\text{g} \text{100 g}^{-1}$ ,

H+Al<sub>0,1\_0,2</sub> a acidez potencial na profundidade 0,1–0,2 m, na unidade  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , Ug<sub>0,033\_0,2\_0,4</sub> a umidade gravimétrica na pressão de 0,033 MPa de 0,2–0,4 m, na unidade  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  e Ug<sub>1,5\_0,2\_0,4</sub> a umidade gravimétrica na pressão de 1,5 MPa de 0,2–0,4 m, na unidade  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ .

Os atributos do solo correlacionados com R<sub>pr</sub>, que obtiveram valores de *R* iguais ou superiores a 0,6, foram na camada de 0–0,1 m: H+Al; de 0,1–0,2 m: Ug<sub>0,1</sub>, IV, ConÚmido,  $\Delta\text{pH}$ , H+Al e CTC; de 0,2–0,4 m: Ug<sub>0,033</sub>, Ug<sub>1,5</sub> e  $\Delta\text{pH}$ ; portanto 11 atributos (Quadro 20). Após a verificação de independência entre os atributos significativos (Quadro 21), foram selecionados para testar o modelo de R<sub>pr</sub>, na camada de 0–0,1 m H+Al; de 0,1–0,2 m Ug<sub>0,1</sub>, ConÚmido e H+Al; e de 0,2–0,4 m Ug<sub>1,5</sub> e Ug<sub>0,33</sub>.

Quadro 20 – Coeficientes de correlação dos atributos do solo com Rpr

Atributo	Profundidades das camadas m			
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	Geral <sup>(1)</sup>
<b>Atributos físicos</b>				
AMG	0,36	-0,01	-0,32	-0,13
AG	0,19	0,02	0,18	0,12
AM	-0,10	-0,12	-0,15	-0,12
AF	-0,03	-0,04	0,01	-0,02
AMF	-0,54	-0,48	-0,24	-0,41*
AT	-0,29	-0,32	-0,23	-0,27
Silte	0,11	0,25	0,29	0,0,2
Argila	0,41	0,22	0,13	0,13
Dp	-0,33	-0,56*	0,16	-0,25
Ds	0,40	-0,26	-0,03	0,00
PorosMa	-0,59*	-0,40	-0,09	-0,32*
PorosMi	0,22	0,33	0,29	0,26
PorosTot	-0,58*	-0,30	0,11	-0,24
Ug_0,01	-	0,23	-0,21	0,08
Ug_0,033	-	0,23	0,67*	0,29
Ug_0,1	-	-0,76*	-0,19	-0,48*
Ug_1,5	-	0,37	0,76*	0,32
CAD	-	-0,02	-0,59*	-0,18
Rp_0,033	-	0,35	-0,07	0,13
Rp_0,1	-	-0,08	-0,48	-0,22
<b>Atributos morfológicos</b>				
IV	0,02	0,75*	0,20	0,16
Estrutura	0,22	-0,20	-0,37	-0,15
ConSeco	-0,10	0,39	0,12	0,10
ConÚmido	0,41	0,68*	0,58*	0,43*
ConPlast	-	-	0,44	0,19
ConPegaj	-	-	0,10	0,02
<b>Atributos químicos</b>				
pH_H <sub>2</sub> O	-0,33	-0,42	-0,36	-0,29
pH_KCl	-0,24	-0,11	0,19	-0,10
ΔpH	0,19	0,64*	0,61*	0,49*
MO	0,61*	0,47	0,35	0,34*
P	-0,38	-0,34	0,27	-0,20
Ca	0,04	0,38	0,34	0,10
Mg	0,27	0,15	-0,15	0,11
K	0,03	-0,04	-0,29	-0,04
Na	0,17	0,49	0,23	0,24
SB	0,11	0,32	0,24	0,10
Al	0,20	0,11	0,08	0,10
H+Al	0,67*	0,65*	0,41	0,55*
CTC	0,40	0,60*	0,45	0,35*
V%	-0,20	-0,25	-0,16	-0,16
Al%	0,11	0,01	-0,01	0,30
Na%	-0,04	-0,09	-0,05	-0,05

<sup>(1)</sup> Profundidade 0–0,4 m

\* Teste de Tukey estatisticamente significativo a 95% de probabilidade;

Siglas dos atributos físicos

AMG: areia muito grossa (2-1 mm);  
 AG: areia grossa (1-0,5 mm);  
 AM: areia média (0,5-0,25 mm);  
 AF: areia fina (0,25-0,1 mm);  
 AMF: areia muito fina (0,1-0,05 mm);  
 AT: areia total (2-0,05 mm);  
 Dp: densidade da partícula;  
 Ds: densidade do solo;  
 PorosMa: macroporos;  
 PorosMi: microporos;  
 PorosTot: poros total;  
 IV: índice de avermelhamento;  
 ConSeco: consistência do solo seco;  
 ConÚmido: consistência do solo úmido;  
 ConPlast: consistência do solo molhado – plasticidade;  
 ConPegaj: consistência do solo molhado – pegajosidade.

Siglas dos atributos morfológicos

Ug\_0,01: umidade gravimétrica na pressão 0,01 MPa;  
 Ug\_0,033: umidade gravimétrica na pressão 0,033 MPa;  
 Ug\_0,1: umidade gravimétrica na pressão 0,1 MPa;  
 Ug\_1,5: umidade gravimétrica na pressão 1,5 MPa;  
 CAD: capacidade de água disponível;  
 Rp\_0,033: resistência do solo à penetração na pressão 0,033 MPa;  
 Rp\_0,1: resistência do solo à penetração na pressão 0,1 MPa.

Siglas dos atributos químicos

pH\_H<sub>2</sub>O: pH em água;  
 pH\_KCl: pH em cloreto de potássio;  
 ΔpH: delta pH = pH\_KCl – pH\_H<sub>2</sub>O;  
 MO: matéria orgânica total;  
 P: fósforo assimilável;  
 Ca: cálcio trocável;  
 Mg: magnésio trocável;  
 K: potássio trocável;  
 Na: sódio trocável;  
 SB: soma de bases trocáveis;  
 Al: acidez trocável;  
 H+Al: acidez potencial;  
 T: capacidade de troca catiônica;  
 V%: saturação por bases trocáveis;  
 Al%: saturação por alumínio;  
 Na%: saturação por sódio.

**Quadro 21 – Verificação de independência entre os atributos do solo significativos para o modelo solo-sítio de Rpr**

Atributos selecionados com maior valor $R$			Atributos com valor $R$ maior ou igual a 0,7 com os atributos selecionados		
Camada m	Atributo	$R$	Camada m	Atributo	$R$
0,2–0,4	Ug_1,5	0,76	0,1–0,2	IV	0,76
0,1–0,2	Ug_0,1	-0,76	-	-	-
0,1–0,2	ConÚmido	0,68	0,2–0,4	DpH	0,69
0,2–0,4	Ug_0,033	0,67	-	-	-
0–0,1	H+Al	0,67	-	-	-
0,1–0,2	H+Al	0,65	0–0,1	MO	0,73
			0,1–0,2	$\Delta$ pH	0,74
			0,1–0,2	CTC	0,94

O primeiro modelo testado para estimar-se Rpr em função dos atributos do solo foi

$$Rpr = 0,521319 + 0,0428659 \cdot H+Al_{0,0,1} - 0,0248655 \cdot Ug_{0,1,0,1,0,2} - 0,000923987 \cdot ConÚmido_{0,1,0,2} + 0,0216986 \cdot H+Al_{0,1,0,2} + 0,00879219 \cdot Ug_{0,033,0,2,0,4} + 0,00244551 \cdot Ug_{1,5,0,2,0,4} \quad (23)$$

que apresentou  $R^2$  ajustado 87,28% e erro padrão da estimativa 0,02. Na análise de resíduos atípicos surgiram 3 valores, correspondentes ao sítio S2, repetição 1, e na análise de pontos influentes 3 valores surgiram, correspondentes aos sítio S5, repetição 1. Os 6 valores foram retirados e foi gerado novo modelo,

$$Rpr = 0,602325 + 0,0221633 \cdot H+Al_{0,0,1} - 0,037516 \cdot Ug_{0,1,0,1,0,2} - 0,0066694 \cdot ConÚmido_{0,1,0,2} + 0,0249889 \cdot H+Al_{0,1,0,2} + 0,013864 \cdot Ug_{0,033,0,2,0,4} + 0,00521341 \cdot Ug_{1,5,0,2,0,4} \quad (24)$$

agora com  $R^2$  ajustado 92,48%, erro padrão da estimativa 0,01 e erro absoluto da média 0,01, melhorando sensivelmente a qualidade do modelo, onde, Rpr é a razão entre o IMA e IMAp, adimensional, H+Al<sub>0,0,1</sub> a acidez potencial na profundidade de 0–0,1 m, na unidade cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, Ug<sub>0,1,0,1,0,2</sub> a umidade gravimétrica na pressão de 0,1 MPa de 0,1–0,2 m, na unidade g 100 g<sup>-1</sup>,

ConÚmido<sub>0,1\_0,2</sub> é o valor numérico da consistência na profundidade de 0,1–0,2 m, adimensional, H+Al<sub>0,1\_0,2</sub> a acidez potencial na profundidade 0,1–0,2 m, na unidade  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , Ug<sub>0,033\_0,2\_0,4</sub> a umidade gravimétrica na pressão de 0,033 MPa de 0,2–0,4 m, na unidade  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  e Ug<sub>1,5\_0,2\_0,4</sub> a umidade gravimétrica na pressão de 1,5 MPa de 0,2–0,4 m, na unidade  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ .

Os atributos do solo utilizados nos modelos solo-sítio foram todos nas camadas específicas e nenhum na camada geral (Quadro 22). Na camada de 0–0,1 m o atributo químico H+Al foi o único selecionado. A camada de 0,1–0,2 m foi a que apresentou maior número de atributos com *R* significativos, físicos: Dp e Ug<sub>0,1</sub>; morfológicos: IV e ConÚmido; e químico H+Al. A camada de 0,2–0,4 m os atributos significativos foram só os físicos Ug<sub>0,033</sub>, Ug<sub>1,5</sub> e CAD.

**Quadro 22 – Atributos do solo utilizados nos modelo solo-sítio**

Profundidade da camada (m)	Físicos	Morfológicos	Químicos
0–0,1	—	—	H+Al
0,1–0,2	Dp; Ug <sub>0,1</sub>	IV; ConÚmido.	H+Al
0,2–0,4	Ug <sub>0,033</sub> ; Ug <sub>1,5</sub> ; CAD	—	—

Gonçalves (1990) também concluiu que a melhor precisão e o maior número de variáveis independentes relacionadas significativamente com o volume sólido de madeira com casca foi na profundidade de 0–0,2 m.

Em relação aos atributos do solo, utilizados como as variáveis independentes, outros autores encontraram pH em  $\text{CaCl}_2$ , silte, teor de fósforo assimilável, teor de fósforo remanescente, teor estimado de potássio no solo para a fase inicial de crescimentos dos plantios, teor de matéria orgânica, etc. (GONÇALVES, 1990; MENEZES, 2005), divergindo assim dos encontrados nesse

estudo. Os resultados desse estudo evidenciaram a importância dos atributos físicos e morfológicos relacionados principalmente com a disponibilidade de água no solo. Os Argissolos apresentaram horizonte B textural, textura arenosa/média, teor médio de argila  $117 \text{ g kg}^{-1}$  e  $Ug_{0,1}$  média de  $0,11 \text{ kg kg}^{-1}$ , portanto, bem drenados e baixa capacidade de armazenamento de água. Os atributos do solo importantes para a capacidade do solo  $D_p$ ,  $Ug_{0,033}$ ,  $Ug_{0,1}$ ,  $Ug_{1,5}$  e CAD explicaram fortemente a capacidade produtiva dos sítios. A forte correlação do cor com SI explica-se pela correlação positiva do teor de argila com a cor, alcançando  $250 \text{ g kg}^{-1}$  de argila com o IV 2 (7,5YR 4/3, úmido).

A forte correlação positiva dos atributos do solo relacionados com a água no solo e com o SI também foi encontrada por Ortiz (2003).

A forte correlação positiva de H+Al com IMA e Rpr, encontrada nesse estudo, se explica pela forte correlação positiva de H+Al com os teores de MO. O mesmo resultado foi encontrado por Ortiz (2003). O teor médio de H+Al encontrado nos Argissolos desse estudo de  $2,2 \text{ g kg}^{-1}$  de H+Al é considerado baixo (RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999), portanto não havendo problema de possibilidade de toxicidade por Al.

Os valores de  $R$  utilizados para selecionarem-se os atributos do solo foram os considerados com correlação linear forte ou muito forte, ou seja igual ou superior a 0,60 (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Assim, para a variável dependente SI foi igual ou superior a 0,7 e para as variáveis dependentes IMA e Rpr iguais ou superiores a 0,6. Isso, indicou maior correlação dos atributos do solo com a variável SI, do que com as demais.

A avaliação estatística entre os modelos solo-sítio mostrou uma certa superioridade do modelo 20, que explica a variável dependente SI para a capacidade produtiva do sítio, pela ótica dos valores de  $R^2$  e  $Ei\%$  (Quadro 22). Quando se fez a análise pela de distribuição dos erros percentuais (Figura 7) se verificou que a menor amplitude também foi do modelo SI, que os erros percentuais de Rpr estavam bem concentrados próximos aos valores medidos e que a condição mais desfavorável ocorreu com os erros percentuais de IMA. Apesar de nos casos de Gonçalves (1990) e Menezes (2005), respectivamente, o volume de madeira e o IMA terem proporcionado relacionamentos melhores com



os atributos do solo do que SI, nos casos de Heyer (1841), Carmean (1975), Scolforo (1997b), Ortiz (2003), Skovsgaard e Vanclay (2008), SI foi a melhor variável dependente para expressar a capacidade produtiva do sítio, confirmando os resultados desse estudo.

Apesar dos sítios representarem ambientes relativamente homogêneos o método solo-sítio conseguiu captar as sutis diferenças existentes entre eles. Carmean (1975) salientou que os resultados desse método só podem ser aplicados à área particularmente estudada e somente nas mesmas condições de solo e fisiografia amostradas dentro da área estudada.

### Quadro 23 – Avaliação estatística entre os modelos solo-sítio

Equação	Variável dependente (Y)	Coeficiente de correlação ( $R^2$ ) do modelo	Erro padrão estimado (Syx)	Média ( $\bar{x}$ )	Erro padrão estimado médio percentual (Syx%)	Média dos erros percentuais (Ei%)
20	SI	95,69%	1,02	29,80	3,42%	$1,58 \times 10^{-7}$
22	IMA	92,10%	1,46	39,61	3,69%	$3,66 \times 10^{-3}$
24	Rpr	92,48%	0,01	0,61	1,64%	$1,78 \times 10^{-2}$

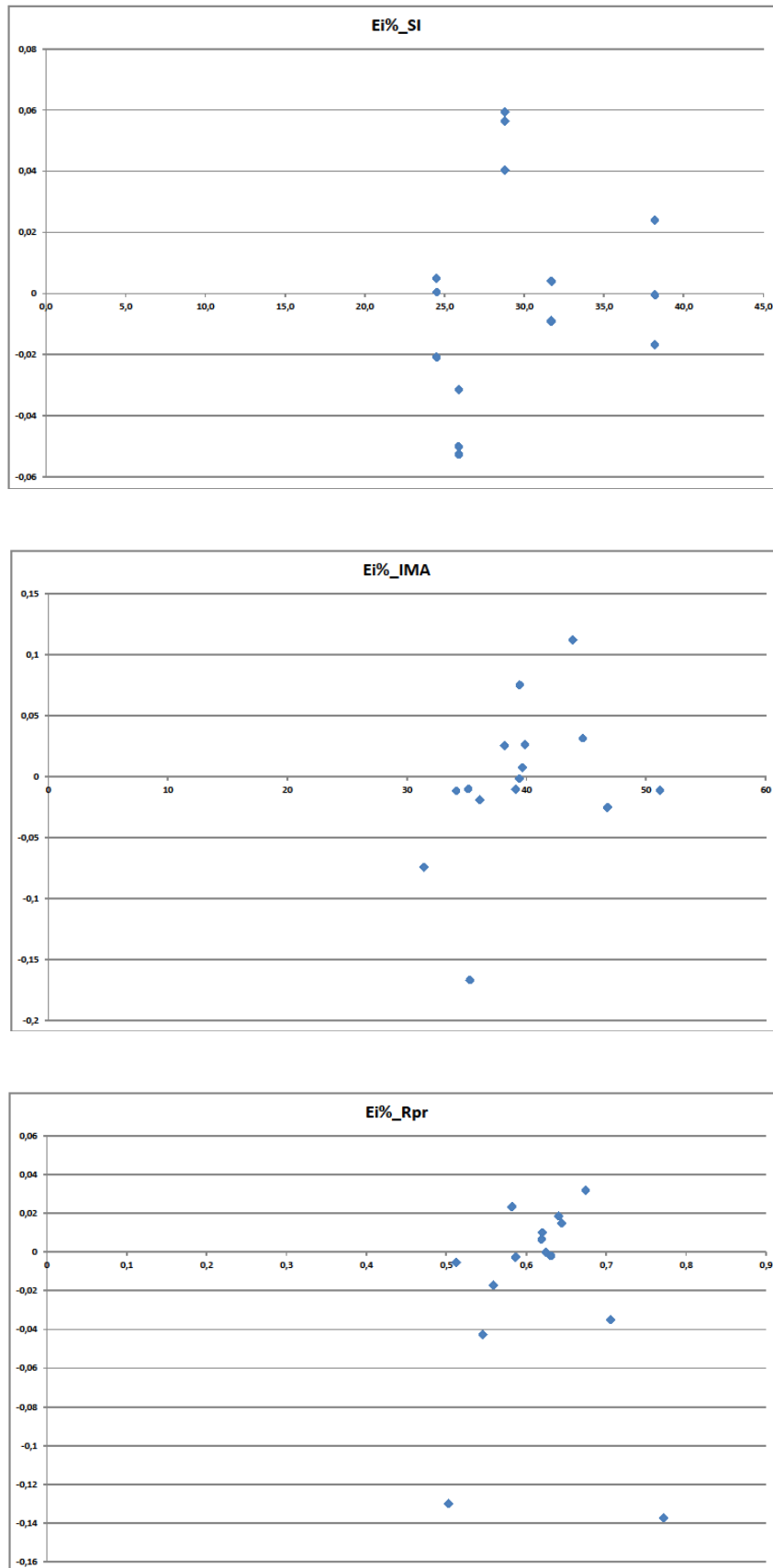


Figura 7 – Distribuição dos erros percentuais de SI, IMA e Rpr

### 3.4 QUALIDADE DO SOLO

A avaliação da qualidade do solo, em função do manejo nos sítios desse estudo, utilizou uma estrutura para avaliação da qualidade do solo (EAQS) composta pela meta do manejo, pelas funções do solo e pelo conjunto mínimo de dados (MDS).

A primeira etapa para a elaboração da EAQS e do MDS foi a seleção dos indicadores que melhor se relacionaram, preferencialmente, com a capacidade produtiva dos sítios para representar as funções do solo, tendo sido selecionados para a função 1) receber, armazenar e suprir água o indicador umidade gravimétrica na pressão de 0,01 MPa ( $Ug_{0,01}$ ); para a função 2) armazenar, suprir e reciclar nutrientes os indicadores matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC); e para a função 3) suportar o desenvolvimento e crescimento da planta o indicador resistência do solo à penetração na pressão de 0,1 MPa ( $Rp_{0,1}$ ) (Quadro 24).

O indicador selecionado para representar a função 1) foi  $Ug_{0,01}$  porque representa a importante capacidade máxima de armazenamento de água no solo.

Para a função 2) foram selecionados os indicadores MO e CTC porque representam bem a disponibilidade de nutrientes e a capacidade do solo para retenção de cátions básicos, assim como MO apresentou o valor de  $R$  de 0,68 com SI, na camada 0,1–0,2 m e CTC o valor de  $R$  de 0,64 (Quadro 16).

Para representar a função 3) foi selecionado o indicador  $Rp_{0,1}$  porque é o atributo físico de maior relevância para o desenvolvimento das raízes e para o ciclo da água nos solos estudados.

**Quadro 24 – Indicadores da qualidade do solo selecionados para compor o conjunto mínimo de dados (MDS) e seus pesos calculados pela razão entre a média do indicador e o somatório das médias dos indicadores da função**

Função	Peso da função ( $WF_i$ )	Indicador	----- Coeficientes de correlação (R) -----				Média	Peso do indicador ( $WI_i$ )
			Profundidades das camadas m					
			0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	Geral <sup>(1)</sup>		
(1) Receber, armazenar e suprir água	0,40	Umidade gravimétrica na pressão 0,01 MPa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,36
		Argila	0,00	0,00	0,00	0,33	0,08	0,03
		Microporos	0,79	0,71	1,00	0,54	0,76	0,27
		Estrutura	0,56	0,00	0,00	0,31	0,22	0,08
		Consistência úmido	0,00	0,00	0,42	0,26	0,17	0,06
		Matéria orgânica	0,46	0,60	0,00	0,00	0,27	0,09
		Capacidade de troca catiônica	0,41	0,66	0,00	0,20	0,32	0,11
<b>Soma F1</b>						<b>2,81</b>	<b>1,00</b>	
(2) Armazenar, suprir e reciclar nutrientes	0,30	Matéria orgânica	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,22
		Capacidade de troca catiônica	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,22
		Cálcio trocável	0,74	0,48	0,00	0,82	0,51	0,11
		Magnésio trocável	0,00	0,00	0,00	0,77	0,19	0,04
		Potássio trocável	0,63	0,00	0,00	0,74	0,34	0,08
		Acidez trocável	0,86	0,71	0,00	0,84	0,60	0,13
		Soma de bases trocáveis	0,89	0,71	0,00	0,86	0,61	0,14
<b>Soma F2</b>	<b>0,30</b>					<b>4,53</b>	<b>1,00</b>	
(3) Suportar o desenvolvimento e crescimento da planta		Resistência do solo à penetração na pressão 0,1 MPa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,38
		Argila	0,40	0,47	0,00	0,61	0,37	0,14
		Macroporos	0,53	0,56	0,00	0,61	0,43	0,16
		Índice de avermelhamento	0,00	0,00	0,00	0,46	0,12	0,04
		Estrutura	0,00	0,00	0,00	0,52	0,13	0,05
		Consistência úmido	0,00	0,00	0,45	0,60	0,26	0,10
<b>Soma F3</b>						<b>2,62</b>	<b>1,00</b>	
<b>Soma das funções</b>	<b>1,00</b>							

Os pesos dos indicadores ( $WI_i$ ) foram calculados pela proporcionalidade dos valores de  $R$ , e os pesos das funções ( $WF_i$ ) estabelecidos pela relevância com a meta do manejo (Quadro 24). A função 1) ficou com peso superior, em relação às demais, pela sua importância na capacidade produtiva desses sítios.

A segunda etapa para determinar-se a EAQS foi a transformação, dos valores medidos dos indicadores ( $x$ ), na pontuação padronizada do indicador ( $PP_i$ ), definindo-se os comportamentos das curvas, os valores dos limites críticos (inferior, base inferior, ótimo, base superior e superior) e os valores da inclinação da tangente à curva para o valor crítico (Quadro 25).

**Quadro 25 – Indicadores para transformação em pontuação padronizada, com os comportamentos das curvas, os valores dos limites críticos (inferior, base, ótimo e superior) e os valores da inclinação das tangentes às curvas**

Indicadores	Comportamento da curva	Prof. m inferior (L)	Limite inferior (L)	Linha base inferior (B <sub>1</sub> )	Ótimo (B <sub>3</sub> )	Linha base superior (B <sub>2</sub> )	Limite superior (U)	Inclinação da tangente (J)	Fontes bibliográficas para os limites
<b>Indicadores físicos</b>									
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	Mais-é-melhor	0–0,4	0	300	-	-	600	0,0042	(RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999)
Macroporos (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Ótimo	0–0,4	0	0,10	0,15	0,20	0,30	33,3333	(GLOVER, REGANOLD e ANDREWS, 2000)
Microporos (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Ótimo	0–0,4	0	0,20	0,30	0,40	0,60	16,6667	(GLOVER, REGANOLD e ANDREWS, 2000)
Umidade gravimétrica na pressão 0,01 MPa (kg kg <sup>-1</sup> )	Mais-é-melhor	0–0,4	0,08	0,11	-	-	0,14	45,4545	Resultados desse estudo
Resistência do solo à penetração na pressão de 0,1 MPa (MPa)	Menos-é-melhor	0–0,4	0	-	-	2	4	-0,4167	Resultados desse estudo
<b>Indicadores morfológicos</b>									
Índice de avermelhamento	Mais-é-melhor	0–0,4	0	5	-	-	12,5	0,2000	(TORRENT, SCHWERTMANN e SCHULZE, 1980)
Estrutura	Mais-é-melhor	0–0,4	0	10	-	-	16	0,2000	
Consistência úmido	Ótimo	0–0,4	1	3	5	7	11	0,8333	(MENEZES, 2005)
<b>Indicadores químicos</b>									
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	Mais-é-melhor	0–0,1	0	15	-	-	45	0,0625	(MENEZES, 2005)
		0,1–0,2	0	10	-	-	20	0,1250	(MENEZES, 2005)
		0,2–0,4	0	5	-	-	10	0,2500	(MENEZES, 2005)
Cálcio trocável (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Mais-é-melhor	0–0,4	0	1,2	-	-	4	0,5952	(BARROS, NEVES e NOVAIS, 2000); (RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999)
Magnésio trocável (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Mais-é-melhor	0–0,4	0	0,45	-	-	1,5	2,2222	(BARROS, NEVES e NOVAIS, 2000); (RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999)
Potássio trocável (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Mais-é-melhor	0–0,4	0	0,07	-	-	0,2	14,2857	(BARROS, NEVES e NOVAIS, 2000)
Acidez potencial (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Menos-é-melhor	0–0,4	0	-	-	3,75	10,8	-0,1157	(RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999)
Soma de bases trocáveis (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Mais-é-melhor	0–0,2	0	2,7	-	-	7,2	0,3704	(RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999)
		0,2–0,4	0	1,2	-	-	3,6	0,8333	(RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999)
Capacidade de troca catiônica (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Mais-é-melhor	0–0,4	0	6,5	-	-	18	0,1282	(RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999)
Saturação por bases trocáveis (%)	Mais-é-melhor	0–0,4	0	50	-	-	100	0,0250	(RIBEIRO, GONTIJO e ALVAREZ V., 1999)

As transformações dos valores de  $x$ , com suas unidades próprias, em  $PP_i$ , ocorreram em 16 indicadores, sendo oito físicos, cinco morfológicos e três químicos. Os comportamentos das curvas foram 11 com mais é-melhor, dois com menos é melhor e três com ótimo. Em relação às profundidades consideradas para a determinação dos limites críticos, na maioria dos indicadores foram os mesmos valores para a camada geral, com profundidade de 0–0,4 m, com exceção de matéria orgânica e soma de bases trocáveis.

Os limites inferiores (L) na maioria foram zero, com exceção de consistência úmido e umidade gravimétrica. Todas as curvas apresentaram limites superiores (U), mas as curvas com comportamento mais-é-melhor apresentaram limites bases inferiores ( $B_1$ ), as curvas menos-é-melhor limites bases superiores ( $B_2$ ) e as curvas de ótimo apresentaram  $B_2$  e  $B_3$ .

Os limites L e U representaram os valores 0 e 1 da pontuação padronizada e as linhas base  $B_1$  e  $B_2$  representaram o valor 0,5, de acordo com a forma da curva e  $B_3$  representou o valor 1 para a curva de ótimo.

As inclinações da tangente apresentadas na penúltima coluna foram calculadas pelos procedimentos descritos na seção 2.6.2.

Os limites L e U foram baseados nas informações disponíveis em publicações especializadas ou opiniões de especialistas, adaptadas para cada camada conforme o caso. As fontes da literatura utilizadas para se estabelecer os limites críticos estão na última coluna e os campos em branco se referem às informações aplicadas a partir de dados da área do estudo.

A terceira e última etapa para elaboração da EAQS foi o cálculo do índice de qualidade do solo (IQS) pelos procedimentos apresentados na seção 2.6.3.

As médias de IQS, pelos usos da terra, foram significativamente diferentes, na camada (geral), na profundidade de 0–0,4 m, constatando-se uma redução de 27,6% no IQS com uso de reflorestamento de eucalipto (Re) em relação ao com uso de floresta natural (Fn) (Quadro 26). Esse resultado comprova que houve alguma degradação na qualidade dos solos dos sítios com uso de Re em relação aos com uso de Fn, ao longo dos 35 anos de manejo com cultivo de eucalipto nos sítios estudados. Outros autores também encontram algum nível de degradação de ambientes cultivados com reflorestamento de eucalipto quando comparados

aos ambientes com vegetação natural (ARAÚJO, GOEDERT e LACERDA, 2007; FREITAS, SILVA, *et al.*, 2012; SILVA, MENDES, *et al.*, 2009).

**Quadro 26 – Resultados da pontuação padronizada do indicador com os pesos ( $PP_w$ ), da pontuação padronizada da função ( $PP_f$ ) e do IQS, por sítios, na camada (geral) com profundidade de 0–0,4 m**

Fun.	Indicador	Valor P <sup>(1)</sup>	Usos da terra Sítios e solos							
			Re				Fn			
			S1 (PAdx1)	S2 (PAdx2)	S3 (PVd)	S4 (PVAd1)	S5 (PVAd2)	S6 (PAdx1)	S7 (PAdx2)	S8 (PVAd3)
1	Argila	0,0384	0,0101bc	0,0210ab	0,0010c	0,0029c	0,0249a	0,0045c	0,0142abc	0,0018c
	CTC	0,0000	0,0581c	0,0825c	0,0687c	0,0611c	0,1174b	0,1303b	0,2502a	0,2455a
	Estrutura	-	0,2259a	0,1105d	0,0817f	0,0830e	0,0781g	0,1592b	0,1582c	0,1582c
	MO	0,0005	0,0999b	0,1330b	0,0800b	0,0922b	0,2654a	0,2831a	0,2522a	0,1331b
	ConÚmido	-	0,0380f	0,0601e	0,0079g	0,1011d	0,1512a	0,1108c	0,1330b	0,0063h
	PorosMi	0,0004	0,0315d	0,4030ab	0,0604d	0,0373d	0,4754ab	0,3047bc	0,5635a	0,1842cd
	Ug_0,01	0,0000	0,3234cd	0,5788bc	0,0999d	0,7298b	0,5486bc	0,2336d	1,3354a	0,1858d
	<b>PP<sub>f</sub> da função 1</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,7868de</b>	<b>1,3888bc</b>	<b>0,39943e</b>	<b>1,1074cd</b>	<b>1,6611b</b>	<b>1,2263bcd</b>	<b>2,7067a</b>	<b>0,9147d</b>
2	Ca	0,1645	0,0762cd	0,1243ab	0,0643d	0,0845bcd	0,1297a	0,1113abc	0,1156abc	0,1086abc
	CTC	0,0000	0,0871c	0,1238c	0,1030c	0,0917c	0,1762b	0,1954b	0,3753a	0,3682a
	H+Al	0,0002	0,2364a	0,2176ab	0,2107b	0,2250ab	0,1732c	0,1772c	0,1766c	0,1714c
	K	0,0000	0,0120e	0,0422b	0,0089e	0,0099e	0,0165de	0,0600a	0,0339bc	0,0285cd
	Mg	0,0005	0,0416bcd	0,0527bc	0,0226e	0,0321de	0,0590b	0,0884a	0,0423bcd	0,0379cde
	MO	0,0005	0,1832b	0,2439b	0,1466b	0,1690b	0,4866a	0,5191a	0,4624a	0,2440b
	SB	0,0000	0,0979c	0,1548b	0,0736c	0,0949c	0,1657b	0,1662b	0,4104a	0,4067a
	V%	0,0000	0,0515b	0,0563b	0,0222c	0,0347bc	0,0379bc	0,0345bc	0,1345a	0,1335a
<b>PP<sub>f</sub> da função 2</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,7859ef</b>	<b>1,0157de</b>	<b>0,6519f</b>	<b>0,7417f</b>	<b>1,2447cd</b>	<b>1,3521bc</b>	<b>1,7510a</b>	<b>1,4989b</b>	
3	Argila	0,0384	0,0352bc	0,0734ab	0,0036c	0,0101c	0,0871a	0,0157c	0,0497abc	0,0062c
	Estrutura	-	0,1059a	0,0518d	0,0383f	0,0389e	0,0366g	0,0746b	0,0741c	0,0741c
	IV	0,0000	0,0000e	0,0000e	0,0564b	0,0552c	0,0321d	0,0000e	0,0000e	0,0573a
	MO	0,0005	0,0999b	0,1330b	0,0800b	0,0922b	0,2654a	0,2831a	0,2522a	0,1331b
	ConÚmido	-	0,0475f	0,0751e	0,0099g	0,1263d	0,1890a	0,1385c	0,1662b	0,0078h
	PorosMa	0,0013	0,2038bcd	0,2262bc	0,1324cde	0,0763e	0,4143a	0,2858b	0,0894de	0,0226e
	Rp_0,1	0,0112	0,6749a	0,7111a	0,8054a	0,6748a	0,4955b	0,5035b	0,8054a	0,7255a
	<b>PP<sub>f</sub> da função 3</b>	<b>0,0246</b>	<b>1,1672cd</b>	<b>1,2706bc</b>	<b>1,1259de</b>	<b>1,0739de</b>	<b>1,5200a</b>	<b>1,3014b</b>	<b>1,4372a</b>	<b>1,0267e</b>
<b>IQS do sítio</b>	<b>0,0000</b>	<b>2,7398ef</b>	<b>3,6751c</b>	<b>2,1773f</b>	<b>2,9229de</b>	<b>4,4257b</b>	<b>3,8798bc</b>	<b>5,8950a</b>	<b>3,4403cd</b>	
<b>IQS do uso</b>	<b>0,0090</b>			<b>3,188b</b>				<b>4,405a</b>		

<sup>(1)</sup> Estatística: valor P do teste F da ANOVA e letras minúsculas para a comparação de médias na linha, pelo Teste de Fisher (ou LSD), teste de diferença mínima significativa, ao nível de 10% de probabilidade.

Estudo realizado por Melo Filho, Vasconcelos e Souza (2007) encontrou valor de IQS 4,62, para um Latossolo Amarelo coeso, sob Floresta Ombrófila Densa, em tabuleiro de Cruz das Almas, Bahia, caracterizado por baixa fertilidade química e limitações físicas, tendo sido classificado como solo de baixa qualidade

para a produção vegetal. Comparando-se o IQS de uso com Fn desse estudo, com o encontrado por Melo Filho, Vasconcelos e Souza (2007), confirma-se que as condições naturais dos solos de tabuleiro, tanto os Argissolos quanto os Latossolos, ambos pedogeneticamente muito próximos, são de baixa qualidade natural.

Os resultados de IQS pelos sítios, mostraram que o S7 (PAdx2), com uso de Fn, foi o maior e diferente de todos os demais, inclusive obtendo-se os maiores valores de  $PP_f$  em todas as funções e diferindo-se de todos também. Essa superioridade marcante está associada principalmente à função 1) receber, armazenar e suprir água, salientando-se, nesta função, o valor de  $PP_w$  do indicador Ug\_0,01. De acordo com Reichardt (1990), os atributos do solo mais importantes para as condições de armazenamento de água no solo são textura e estrutura (macroporos, microporos e densidade do solo), bem como o teor de MO. No caso desse sítio, os indicadores argila, CTC, MO e PorosMi apresentaram os maiores valores em relação aos demais, confirmando as fortes correlações desses indicadores com a Ug\_0,01.

Observando-se ainda os indicadores da função 1), os maiores valores de  $PP_w$  de argila foram nos sítios S5 (PVAd2) e S2 (PAdx2), ambos com uso de Re, portanto uma condição muito mais associada aos fatores de formação dos solos do que ao manejo. A associação dos maiores valores de  $PP_w$  do indicador argila, aos maiores valores do indicador MO, em cada sítio, proporcionou uma condição mais favorável para a elevação dos valores de  $PP_f$  na função 1). Diferentemente da argila, os valores de  $PP_w$ , do indicador MO, podem ser fortemente influenciados pelo manejo. A redução dos teores originais de MO no solo podem estar associados à oxidação biológica, decorrente do preparo e cultivo do solo, da redução inicial da produção da serapilheira e das mudanças na composição qualitativa da serapilheira que ocorrem nos reflorestamentos (SILVA, MENDES, *et al.*, 2009).

Os demais sítios com uso de Fn, S6 (PAdx1) e S8 (PVAd3), apresentaram resultados de IQS semelhantes ou superiores aos com uso de Re, exceto ao S5 e S2, com pior condição para o último. A redução de IQS no sítio S8 está associada às reduções dos valores de  $PP_f$  das funções 1) e 3), ambas compostas por indicadores mais influenciados pelas condições naturais do que pelas condições



de manejo, destacando-se negativamente os valores de  $PP_w$  dos indicadores ConÚmido e PorosMa. A textura arenosa/média do horizonte B, do Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico (PVAd3), do sítio S8, ficou próxima ao limite para não ser considerado como Neossolo Quartzarênico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006)

O sítio S5 (PVAd2), com uso de Re, apresentou o segundo maior IQS, superior a todos os demais com uso de Re, inclusive aos com uso de Fn, S6 e S8, destacando-se os valores elevados de  $PP_w$  do indicador argila e do indicador MO, bem como os outros indicadores decorrentes de ambos, tais como CTC, ConÚmido, PorosMi, PorosMa, com exceção a  $Rp_{0,1}$ . A superioridade natural desse sítio, em relação aos indicadores físicos e morfológicos, explica a sua alta capacidade produtiva (Quadro 14).

Os sítios S1 (PAdx1), S2 (PAdx2), S3 (PVd) e S4 (PVAd1), com uso de Re, apresentaram os menores IQS, principalmente pelos valores de  $PP_f$  da função 2) armazenar, suprir e reciclar nutrientes. Considerando-se que os Argissolos de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia têm, naturalmente, baixa fertilidade química e que as fertilizações foram realizadas, na área desse estudo, conforme as recomendações (Quadro 1), pode concluir-se, inicialmente, que a exportação de cátions básicos, principalmente K, foram acima das reposições, proporcionando um déficit nutricional para futuras produções, comprometendo as condições de sustentabilidade.

Era de se esperar que os sítios com uso de Re, estivessem numa condição igual ou melhor, do que com uso de Fn, na função 2), devido às aplicações de fertilizantes, mas como ficou evidenciado, isso não se confirmou nos sítios cultivados desse estudo. Estudos realizados comparando-se a qualidade dos solos cultivados com eucalipto, com áreas de cerrado, encontraram essa condição esperada, onde os teores de K no reflorestamento estavam superiores aos do cerrado e os de Ca e Mg próximos (FREITAS, SILVA, *et al.*, 2012; SILVA, MENDES, *et al.*, 2009). Uma preocupação que se nota, nesses estudos citados, que mesmo procedendo-se as fertilizações químicas, elas por si só não são suficientes para a sustentabilidade da produção agrícola.

Essa preocupação com a sustentabilidade, bem como a ocupação de sítios marginais aos tradicionais, tem direcionado também estudos no sentido de administrar melhor o suprimento de nutrientes das árvores cultivadas. Foi nessa condição que foi publicado, recentemente, estudo realizado por Santana, Barros, *et al.*, (2008) sugerindo a colheita somente do lenho, ou seja o tronco descascado e sem os galhos e folhas, porque aos 6,5 anos de idade, 65%, 70%, 64%, 79%, e 79%, de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, é o conteúdo estimado de nutrientes acumulados na copa e na casca, reduzindo a exportação de nutrientes e proporcionando maior sustentabilidade na produção de eucalipto. Assim a introdução da colheita mecanizada com *harvester* pode contribuir com o aspecto da reciclagem de nutrientes, mas sem esquecer-se os cuidados para se evitar a degradação da estrutura do solo relacionada ao tráfego dos equipamentos (DIAS JUNIOR, LEITE, *et al.*, 2003).

Outro aspecto, relacionado à sustentabilidade nutricional, estudado por Santana, Barros e Neves (2002) se refere a eficiência de utilização de nutrientes, no qual se observou a eficiência de *Eucalyptus grandis*, em relação ao *E. saligna*, para N, P e Mg, não havendo diferenças apreciáveis de eficiência entre as duas espécies para Ca e K, concluindo-se que o Ca e o K são os nutrientes que poderão limitar a produtividade futura, quando se considera a colheita do tronco. Esse problema pode ser amenizado substancialmente, principalmente para o Ca, pelo colheita apenas do lenho.

Analisando-se os resultados de IQS pelos solos, nos sítios com Argissolos Amarelos, na camada geral (Quadro 26), se observou que os sítios com uso de Re, S1 (PAdx1) e S2 (PAdx2), quando comparados aos seus pares respectivos com uso de Fn, S6 (PAdx1) e S7 (PAdx2), apresentaram reduções de 29,4% e 37,7%, respectivamente. Isso confirma as degradações dos sítios cultivados, quando comparados com os sítios naturais, porque nas mesmas classes de solos se repetiu a condição geral.

As variações nos indicadores químicos, tanto decrescentes, quanto crescentes, nos sítios S1 e S2, em relação aos sítios S6 e S7, merecem uma investigação mais detalhada a partir desse estudo, porque foi aplicado em ambos os sítios com uso de Re, o fertilizante NPK 26:08:16, em dose média de 139 kg ha<sup>-1</sup>, em 2010 no primeiro e 2011 no segundo (CIA DE FERRO LIGAS DA

BAHIA FERBASA, 2011b), e os comportamentos foram divergentes. As elevações dos valores de  $PP_w$  do indicador H+Al se justificam pelas aplicações médias de 1 707 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico em 2009 no sítio S1 e 2010/2011 no sítio S2 (CIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA FERBASA, 2011b). A fim de permitirem-se melhores interpretações dos resultados, na aplicação do método do IQS, devem ser realizados monitoramentos em intervalos periódicos, principalmente relacionados às fertilizações.

Os sítios com Argissolo Vermelho, S3 (PVd), e Argissolo Vermelho – Amarelo, S4 (PVAd1) e S5 (PVAd2), apresentaram valores de IQS extremamente opostos entre si, até porque houve a impossibilidade de encontrar-se solos idênticos a eles, com uso de Fn.

Os sítios S4 e S5 apesar de estarem na mesma classe de solo, apresentaram valores, tanto de IQS, quanto de  $PP_f$ , bem distintos. Observando-se com maior detalhe se encontram essas diferenças, principalmente, nos valores de  $PP_w$  dos indicadores argila e MO, já comentados anteriormente nessa seção.

Fazendo-se uma análise dos valores de IQS nas camadas (1) com profundidade de 0–0,1 m, (2) com 0,1–0,2 m e (3) com 0,2–0,4 m, se observou que, nas duas primeiras se manteve a tendência de degradação da qualidade do solo com uso de Re em comparação ao uso de Fn, mas na última apesar do IQS de Fn estar maior do que Re não houve diferença estatística (Quadro 27 a (Quadro 29), confirmando que as maiores alterações nos solos cultivados se dão nos primeiros centímetros.

As reduções do IQS se mostraram decrescentes, no sentido de cima para baixo, nas camadas (1) e (2), sugerindo maior degradação nas camadas superficiais causadas pela influência das ações da mecanização, pela maior utilização nutricional das plantas e maior suscetibilidade às erosões hídricas e eólicas. Outra observação relevante foi a diferença dos níveis de sustentabilidade entre as camadas, destacando-se a necessidade de um monitoramento específico.

Em relação a resistência do solo à penetração, nos solos de tabuleiro, esse indicador é o melhor para identificar-se a presença de horizontes coesos, de acordo com Santana, Souza, et al., (2006). Em estudos sobre Latossolo Amarelo

típico de Tabuleiro Costeiro na Bahia, os referidos autores indicam que no qual a resistência do solo à penetração passa se manifestar conforme vai se reduzindo a umidade do solo, agravando-se a partir da pressão de 1,0 MPa, aproximando-se do valor crítico da pressão de 2 MPa . No Quadro 25 desse estudo se verifica que foi utilizado o valor de 2 MPa para a linha base superior onde o  $PP_i$  é 0,5, na curva do tipo menos-é-melhor, e no Quadro 24 o peso  $W_i$  é 0,38 e o peso  $W_f$  é 0,3, com isto os valores de  $PP_w$  inferiores a 0,57 apresentam resistência do solo à penetração, prejudicial ao desenvolvimento das raízes.

Os valores de  $PP_w$  para o indicador Rp\_0,1, na camada (3) de todos os sítios, foram inferiores à 0,57 ou muito próximos (Quadro 29). Indicando a presença de coesão potencial na umidade com pressão de 0,1 MPa podendo limitar o crescimento das plantas, mas se constituindo num indicador diferencial entre os sítios.

As variações entre os valores de IQS dos sítios estudados têm origem de causas naturais e causas dos manejos. Para fazerem-se avaliações mais seguras sobre quais foram as causas que efetivamente promoveram perda da sustentabilidade seria necessário efetuarem-se medições periódicas (KARLEN e STOTT, 1994; LARSON e PIERCE, 1994). As causas naturais se refletem principalmente nos indicadores físicos e as causas do manejo nos indicadores químicos. Mesmo em ambiente com solos tão parecidos o método aplicado foi capaz de encontrar as variações entre os ambientes cultivados e os naturais num mesmo momento.

Considerando-se que o IQS pode indicar a capacidade do solo para a produção sustentável (KARLEN e STOTT, 1994) e que tem sido utilizado para avaliar o efeito do manejo sobre o rendimento do eucalipto (KARLEN e STOTT, 1994; CHAER, 2001; MENEZES, 2005), esses resultados indicam fortemente a necessidade de modificar o manejo da nutrição visando a sustentabilidade da produção dos sítios cultivados.

**Quadro 27 – Resultados da pontuação padronizada do indicador com os pesos ( $PP_w$ ), da pontuação padronizada da função ( $PP_f$ ) e do IQS, por sítios, na camada (1) com profundidade de 0–0,1 m**

Fun.	Indicador	Valor $P^{(1)}$	Usos da terra Sítios e solos $PP_w$							
			Re-					Fn		
			S1 (PAdx1)	S2 (PAdx2)	S3 (PVd)	S4 (PVAd1)	S5 (PVAd2)	S6 (PAdx1)	S7 (PAdx2)	S8 (PVAd3)
1	Argila	0,3249	0,0027ab	0,0030ab	0,0006b	0,0006b	0,0044a	0,0005b	0,0028ab	0,0010b
	CTC	0,0000	0,1130d	0,1378cd	0,1255cd	0,1018d	0,1845c	0,3075b	0,4003a	0,4320a
	Estrutura	0,0000	0,2259a	0,1204d	0,0817e	0,2117b	0,2117b	0,1960c	0,1960c	0,1960c
	MO	0,0000	0,0825c	0,1238c	0,0895b	0,0759c	0,2183c	0,2975a	0,2759ab	0,2997a
	ConÚmido	-	0,0380a	0,0002d	0,0079b	0,0002d	0,0079b	0,0013c	0,0079b	0,0013c
	PorosMi	0,1420	0,0030b	0,3631a	0,1240ab	0,0304b	0,0584b	0,0694b	0,3603a	0,0384b
	Ug_0,01	0,0039	0,0007b	0,9218a	0,0034b	0,0240b	0,3539b	0,1922b	1,3911a	0,3509b
<b><math>PP_f</math> da função 1</b>	<b>0,034</b>	<b>0,4658c</b>	<b>1,6701b</b>	<b>0,4325c</b>	<b>0,4448c</b>	<b>1,0393bc</b>	<b>1,0644bc</b>	<b>2,6342a</b>	<b>1,3193b</b>	
2	Ca	0,0085	0,1968bcd	0,3089a	0,1330d	0,1714cd	0,2813ab	0,3131a	0,2582abc	0,3289a
	CTC	0,0000	0,1695d	0,2067cd	0,1883cd	0,1528d	0,2767c	0,4612b	0,6005a	0,6480a
	H+Al	0,0000	0,2022b	0,2369a	0,1854bc	0,2013b	0,1756c	0,0908de	0,1102d	0,0835e
	K	0,0000	0,0248c	0,09922b	0,0253c	0,0322c	0,0471c	0,1726a	0,0977b	0,0866b
	Mg	0,0364	0,0903ab	0,1140a	0,0468c	0,0731bc	0,1156a	0,1195a	0,0951ab	0,1153a
	MO	0,0000	0,1513c	0,2270c	0,1640c	0,1392c	0,4003b	0,5454a	0,5058ab	0,5495a
	SB	0,0049	0,2585bc	0,3910a	0,1631	0,2087	0,3712	0,4054a	0,4200a	0,4200a
	V%	0,0008	0,0744bc	0,1465a	0,0472c	0,0615bc	0,0947b	0,0624bc	0,1385a	0,1500a
<b><math>PP_f</math> da função 2</b>	<b>0,0002</b>	<b>1,1678d</b>	<b>1,7303c</b>	<b>0,9533d</b>	<b>1,0402d</b>	<b>1,7625bc</b>	<b>2,1705abc</b>	<b>2,2261ab</b>	<b>2,3819a</b>	
3	Argila	0,3249	0,0096ab	0,0104ab	0,0020b	0,0020b	0,0156a	0,0017b	0,0097ab	0,0035b
	Estrutura	0,0000	0,1059a	0,0564d	0,0383e	0,0993b	0,0993b	0,0919c	0,0919c	0,0919c
	IV	-	0,0000b	0,0000b	0,0025a	0,0000b	0,0000b	0,0000b	0,0000b	0,0000b
	MO	0,0000	0,0825c	0,1238c	0,0895c	0,0759c	0,2183b	0,2975a	0,2759ab	0,2997a
	ConÚmido	-	0,0475a	0,0002d	0,0099b	0,0002d	0,0099b	0,0016c	0,0099b	0,0016c
	PorosMa	0,0027	0,0031c	0,1927b	0,1274ab	0,0000c	0,4757a	0,1001ab	0,0518ab	0,0008c
	Rp_0,1	0,1093	1,0281a	0,9548abc	1,0213a	1,0287a	0,8364c	0,8584bc	1,0266a	0,9798ab
<b><math>PP_f</math> da função 3</b>	<b>0,0336</b>	<b>1,2766bc</b>	<b>1,3383bc</b>	<b>1,2908bc</b>	<b>1,2062c</b>	<b>1,6551a</b>	<b>1,3513bc</b>	<b>1,4658ab</b>	<b>1,3772bc</b>	
<b>IQS do sítio</b>	<b>0,0001</b>	<b>2,9103c</b>	<b>4,7387b</b>	<b>2,6766c</b>	<b>2,6911c</b>	<b>4,4568b</b>	<b>4,5861b</b>	<b>6,3261a</b>	<b>5,0784b</b>	
<b>IQS do uso</b>	<b>0,0007</b>	<b>3,495b</b>			<b>5,330a</b>					

<sup>(1)</sup> Estatística: valor P do teste F da ANOVA e comparação de médias na linha, pelo Teste de Fisher (ou LSD), teste de diferença mínima significativa, ao nível de 10% de probabilidade

**Quadro 28 – Resultados da pontuação padronizada do indicador com os pesos ( $PP_w$ ), da pontuação padronizada da função ( $PP_f$ ) e do IQS, por sítios, na camada (2) com profundidade de 0,1–0,2 m**

Fun.	Indicador	Valor $P^{(1)}$	Usos da terra Sítios e solos $PP_w$							
			Re-				Fn			
			S1 (PAdx1)	S2 (PAdx2)	S3 (PVd)	S4 (PVAd1)	S5 (PVAd2)	S6 (PAdx1)	S7 (PAdx2)	S8 (PVAd3)
1	Argila	0,0780	0,0030c	0,0134ab	0,0005c	0,0011c	0,0163a	0,0014c	0,0059bc	0,0010c
	CTC	0,0000	0,0447c	0,0653c	0,0566c	0,0496c	0,1182c	0,0974c	0,2517a	0,1828b
	Estrutura	-	0,2259a	0,1204d	0,0817f	0,1204d	0,1006e	0,1600c	0,1960b	0,1960b
	MO	0,0000	0,0517c	0,0665c	0,0439c	0,0319c	0,2195ab	0,1770b	0,2501a	0,0501c
	ConÚmido	-	0,0380c	0,0002e	0,0079d	0,0002e	0,1200b	0,2020a	0,1200b	0,0079d
	PorosMi	0,1104	0,0069cd	0,2531ab	0,0046d	0,0450bcd	0,2398abc	0,0694bcd	0,3603a	0,0384bcd
	Ug_0,01	0,0039	0,0007b	0,9218a	0,0034b	0,0240b	0,3539b	0,1922b	1,3911a	0,3509b
<b><math>PP_f</math> da função 1</b>	<b>0,0013</b>	<b>0,3709c</b>	<b>1,4408b</b>	<b>0,1985c</b>	<b>0,2722c</b>	<b>1,1683b</b>	<b>0,8993bc</b>	<b>2,5750a</b>	<b>0,8270bc</b>	
2	Ca	0,1341	0,0484c	0,0915ab	0,0530bc	0,0575bc	0,1161a	0,0805abc	0,0910ab	0,0609bc
	CTC	0,0000	0,0670d	0,0980d	0,0849d	0,0744d	0,1773c	0,1460c	0,3776a	0,2742b
	H+Al	0,0023	0,2432a	0,2270ab	0,2151ab	0,2329ab	0,1657d	0,1835cd	0,1775cd	0,2033bc
	K	0,0000	0,0092c	0,0375a	0,0049c	0,0019c	0,0092c	0,0353a	0,0196b	0,0092c
	Mg	0,0000	0,0361cd	0,0570bc	0,0201d	0,0247d	0,0805ab	0,0878a	0,0247d	0,0152d
	MO	0,0000	0,0947c	0,1219c	0,0805c	0,0585c	0,4023ab	0,3245b	0,4585a	0,0918c
	SB	0,0000	0,0602c	0,1188b	0,0592c	0,0633c	0,1588b	0,1301b	0,4165a	0,4037a
	V%	0,0000	0,0473b	0,0508b	0,0166c	0,0282bc	0,0291bc	0,0291bc	0,1317a	0,1305a
<b><math>PP_f</math> da função 2</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,6061cd</b>	<b>0,8025c</b>	<b>0,5343d</b>	<b>0,5415d</b>	<b>1,1391b</b>	<b>1,0168b</b>	<b>1,6971a</b>	<b>1,1888b</b>	
3	Argila	0,0780	0,0107c	0,0470ab	0,0017c	0,0039c	0,0569a	0,0048c	0,0207bc	0,0036c
	Estrutura	0,0000	0,1059a	0,0564c	0,0383f	0,0564d	0,0471e	0,0750c	0,0919b	0,0919b
	IV	-	0,0000c	0,0000c	0,0025b	0,0000c	0,0086a	0,0000c	0,0000c	0,0086a
	MO	0,0000	0,0517c	0,0665c	0,0439c	0,0319c	0,2195ab	0,1770b	0,2501a	0,0501c
	ConÚmido	-	0,0475c	0,0002e	0,0099d	0,0002e	0,1500b	0,2525a	0,1500b	0,0099d
	PorosMa	0,0000	0,0140c	0,3868b	0,0003c	0,0000c	0,4778a	0,1001c	0,0518cd	0,0008c
	Rp_0,1	0,1093	1,0281a	0,9548abc	1,0213	1,0287a	0,8364c	0,8584bc	1,0266a	0,9798ab
<b><math>PP_f</math> da função 3</b>	<b>0,0000</b>	<b>1,2577d</b>	<b>1,5118bc</b>	<b>1,1178d</b>	<b>1,1211d</b>	<b>1,7963a</b>	<b>1,4678c</b>	<b>1,5910b</b>	<b>1,1446d</b>	
<b>IQS do sítio</b>	<b>0,0000</b>	<b>2,2347d</b>	<b>3,7551bc</b>	<b>1,8507d</b>	<b>1,9348d</b>	<b>4,1037b</b>	<b>3,3840bc</b>	<b>5,8632a</b>	<b>3,1604c</b>	
<b>IQS do uso</b>	<b>0,0193</b>			<b>2,776b</b>				<b>4,136a</b>		

<sup>(1)</sup> Estatística: valor P do teste F da ANOVA e letras minúsculas para a comparação de médias na linha, pelo Teste de Fisher (ou LSD), teste de diferença mínima significativa, ao nível de 10% de probabilidade.

**Quadro 29 – Resultados da pontuação padronizada do indicador com os pesos ( $PP_w$ ), da pontuação padronizada da função ( $PP_f$ ) e do IQS, por sítios, na camada (3) com profundidade de 0,2–0,4 m**

Fun.	Indicador	Valor $P^{(1)}$	Usos da terra Sítios e solos $PP_w$							
			Re				Fn			
			S1 (PA <sub>dx1</sub> )	S2 (PA <sub>dx2</sub> )	S3 (PV <sub>d</sub> )	S4 (PV <sub>Ad1</sub> )	S5 (PV <sub>Ad2</sub> )	S6 (PA <sub>dx1</sub> )	S7 (PA <sub>dx2</sub> )	S8 (PV <sub>Ad3</sub> )
1	Argila	0,0430	0,0172bcd	0,0337ab	0,0015d	0,0049cd	0,0394a	0,0080cd	0,0241abc	0,0025cd
	CTC	0,0000	0,0373e	0,0635c	0,0463de	0,0465de	0,0835b	0,0582cd	0,1744a	0,1836a
	Estrutura	-	0,2259a	0,1006d	0,0817e	0,0000f	0,0000f	0,1404b	0,1204c	0,1204c
	MO	0,0158	0,1328bc	0,1709bc	0,0932c	0,1304bc	0,3119a	0,3290a	0,2414ab	0,0912c
	ConÚmid o	0,0000	0,0380d	0,1200c	0,0079e	0,2020b	0,2384a	0,1200c	0,2020b	0,0079e
	PorosMi	0,0006	0,0580de	0,4978bc	0,0564de	0,0368e	0,8018a	0,5400abc	0,7668ab	0,3300cd
	Ug_0,01	0,0000	0,6461b	0,2357c	0,1964de	1,4356a	0,7433b	0,2750c	1,2798a	0,0207e
	<b><math>PP_f</math> da função 1</b>	<b>0,0002</b>	<b>1,1551de</b>	<b>1,2221d</b>	<b>0,4834f</b>	<b>1,8562bc</b>	<b>2,2183b</b>	<b>1,4706cd</b>	<b>2,8088a</b>	<b>0,7563ef</b>
2	Ca	0,3327	0,0298abc	0,0484abc	0,0357abc	0,0545abc	0,0607a	0,0259bc	0,0566ab	0,0224c
	CTC	0,0000	0,0559e	0,0952c	0,0694de	0,0698de	0,1253b	0,0872cd	0,2616a	0,2753a
	H+Al	0,0334	0,2501a	0,2033cde	0,2211abc	0,2329ab	0,1756e	0,2171bc	0,2093bc	0,1993de
	K	0,0007	0,0071bc	0,0161a	0,0028c	0,0028c	0,0049bc	0,0161a	0,0092b	0,0092b
	Mg	0,0000	0,0200bc	0,0200bc	0,0117c	0,0152bc	0,0200bc	0,0731a	0,0247b	0,0105c
	MO	0,0158	0,2435bc	0,3133bc	0,1709c	0,2391bc	0,5718a	0,6032a	0,4426ab	0,1673c
	SB	0,0000	0,0365b	0,0548b	0,0361b	0,0538b	0,0665b	0,0647b	0,4025a	0,4016a
	V%	0,0000	0,0421b	0,0139c	0,0125c	0,0244bc	0,0138c	0,0232bc	0,1340a	0,1268a
	<b><math>PP_f</math> da função 2</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,6849c</b>	<b>0,7649c</b>	<b>0,5601c</b>	<b>0,6926c</b>	<b>1,0386b</b>	<b>1,1106b</b>	<b>1,5405a</b>	<b>1,2124b</b>
3	Argila	0,0430	0,0603bcd	0,1180ab	0,0053d	0,0173cd	0,1379a	0,0282cd	0,0843abc	0,0088cd
	Estrutura	0,0000	0,1059a	0,0471d	0,0383e	0,0000f	0,0000f	0,0658b	0,0564C	0,0564c
	IV	-	0,0000c	0,0000c	0,1104a	0,1104a	0,0600b	0,0000c	0,0000c	0,1104a
	MO	0,0158	0,1328bc	0,1709bc	0,0932c	0,1304bc	0,3119a	0,3290a	0,2414ab	0,0912c
	ConÚmid o	-	0,0475d	0,1500c	0,0099e	0,2525b	0,2980a	0,1500c	0,2525b	0,0099e
	PorosMa	0,1419	0,3991ab	0,1627bcd	0,2009abcd	0,1525bcd	0,3519abc	0,4716a	0,1271cd	0,0445d
	Rp_0,1	0,0349	0,3216bc	0,4674ab	0,5896a	0,3210bc	0,1545c	0,1486c	0,5842a	0,4712ab
	<b><math>PP_f</math> da função 3</b>	<b>0,0246</b>	<b>1,0671bc</b>	<b>1,1162abc</b>	<b>1,0476c</b>	<b>0,9841cd</b>	<b>1,3142ab</b>	<b>1,1932abc</b>	<b>1,3459a</b>	<b>0,7924d</b>
	<b>IQS do sítio</b>	<b>0,0001</b>	<b>2,9071de</b>	<b>3,1033cde</b>	<b>2,0910f</b>	<b>3,5329cd</b>	<b>4,5712b</b>	<b>3,7745c</b>	<b>5,6953a</b>	<b>2,7611ef</b>
	<b>IQS do uso</b>	<b>0,2425</b>	<b>3,241a</b>			<b>4,077a</b>				

<sup>(1)</sup> Estatística: valor P do teste F da ANAVA e letras minúsculas para a comparação de médias na linha, pelo Teste de Fisher (ou LSD), teste de diferença mínima significativa, ao nível de 10% de probabilidade.

### 3.5 QUALIDADE DOS SÍTIOS

No que diz respeito aos aspectos conclusivos sobre a capacidade produtiva dos sítios estudados pode afirmar-se que o sítio mais produtivo (S5), com SI 38,2 m, apresentou um potencial de 30,92% para o aumento da produtividade.

Os sítios com capacidade produtiva intermediária (S1 a S4), com SI de 24,5 m a 31,7 m, apresentaram potencial de 13,12% a 38% para o aumento de produtividade.

As capacidades produtivas dos sítios com uso de floresta natural (Fn), nos sítios S6 a S8, foram estimadas pelas aplicações dos modelos de regressão, (20) e (22), do método solo-sítio (Quadro 30). Houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os índices de sítio (SI) com coeficiente de variação (CV) de 12,49%, considerado baixo. No caso dos incrementos médios anuais (IMA) não houve diferença entre as médias e o CV foi 4,33%, muito baixo.

Esses resultados, das capacidades produtivas estimadas dos sítios com uso Fn, mostram que apesar de haver sítios com diferentes potenciais produtivos, as produtividades estimadas são muito semelhantes, porque as diferenças entre os fatores dos solos são muito sutis. Assim como, as condições naturais desses solos, quando bem manejadas, permitem uma produtividade bem próxima entre os diferentes solos.

**Quadro 30 – Capacidades produtivas estimadas pelos modelos do método solo-sítio para os sítios com uso de floresta natural**

Sítios com uso de floresta natural (Fn)	Índice de sítio (SI) m	Incremento médio anual (IMA) m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
S6 (PAdx1)	27,1 c	41,5 a
S7 (PAdx2)	28,2 b	40,6 a
S8 (PVAd3)	35,3 a	40,2 a



Comparando-se as capacidades produtivas desses sítios, com as dos sítios com uso Re, nas mesmas classes de solos, é possível avaliar melhor as condições das qualidades desses sítios. Os valores de SI e IMA dos sítios com Re, para essa comparação, se encontram, respectivamente, nos Quadro 13 e Quadro 14.

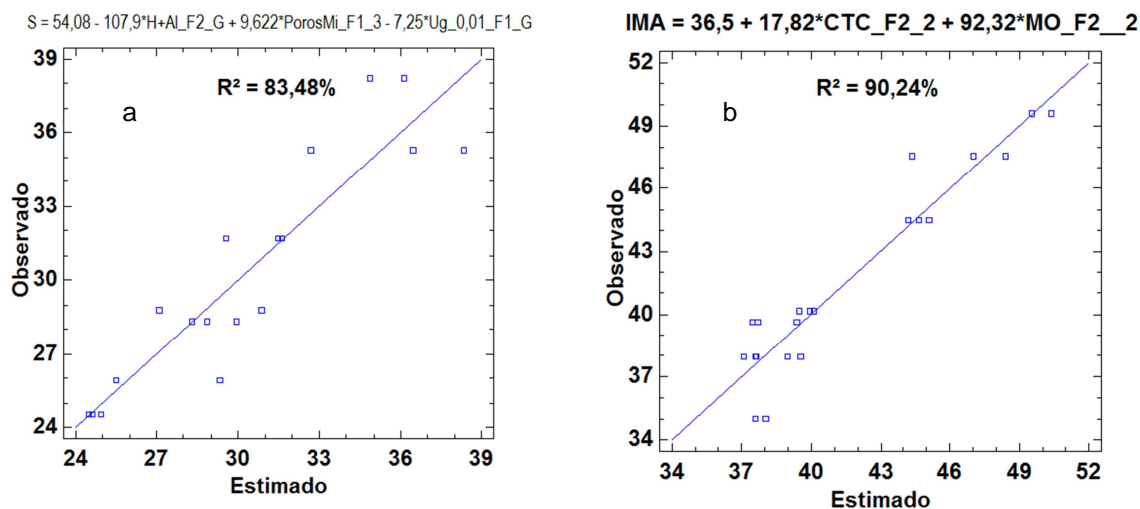
No caso dos Argissolos Amarelos, comparando-se os sítios, S1 com S6, e o S2 com o S7, respectivamente, nas unidades de mapeamento PAdx1 e PAdx2, se observa que os valores de SI são bem próximos, mas os de IMA, nos sítios com Re estão bem abaixo dos estimados com Fn. Confirmando-se a necessidade de novas intervenções nos manejos para garantir a sustentabilidade.

Os sítios que estão nos Argissolos Vermelho-Amarelos, os S4 e S5, com uso Re, e S8 com Fn, respectivamente nas unidades de mapeamento PVAd1, PVAd2 e PVAd3, apresentam uma situação diferente do caso anterior. Os sítios S4 e S5 apresentaram SI, completamente opostos, com o pior valor para o primeiro e o melhor de todos para o segundo. O sítio S8 apresentou um valor de SI intermediário, entre ambos, mas bem mais próximo de S5 do que de S4. Esse fato chama a atenção porque o teor da fração argilosa de S5 foi o maior de todos e de S8 o menor de todos (Quadro 9). Apesar dessa relativa desvantagem da textura de S8 em relação a S5, a explicação para essa proximidade, no valor de SI, pode estar na melhor qualidade dos indicadores químicos do solo, na camada de 0–0,1 m (Quadro 26).

A aplicação do método de IQS apontou uma redução de 27,6% dos sítios com uso de Re em relação aos sítios com uso de Fn, indicando principalmente as reduções dos valores de  $PP_w$  dos indicadores da função 2) e as vantagens competitivas dos sítios com maiores teores de argila e MO.

Em todos os métodos aplicados nesse estudo ficou fortemente evidenciada a importância dos estudos em camadas, dos atributos químicos e morfológicos na profundidade de 0,1–0,2 m e dos atributos físicos de 0,2–0,4 m.

Buscando-se avaliar os potenciais indicadores para o monitoramento da qualidade dos sítios, foram realizadas as correlações estatísticas entre a capacidade produtiva dos sítios, SI e IMA, com os indicadores de qualidade significativos (Figura 8).



**Figura 8 – Correlações dos indicadores de qualidade do solo com a capacidade produtiva: (a) SI e (b) IMA**

As correlações foram realizadas com os indicadores que apresentaram valores de  $R$  significativos. No gráfico (a), os indicadores potenciais para o monitoramento de SI, foram acidez potencial na função 2) da camada geral (H+Al\_F2\_G), micro poros na função 1) da camada 3 (PorosMi\_F1\_3) e umidade gravimétrica na pressão de 0,01 MPa na função 1) da camada geral (Ug\_0,01\_F1\_G) e no gráfico (b), para o monitoramento de IMA, foram capacidade de troca catiônica na função 2) da camada 2 (CTC\_F2\_2) e matéria orgânica na função 2 da camada 2 (MO\_F2\_2).

Considerando-se todos os resultados apresentados nesse estudo sugerem-se os indicadores para o monitoramento da sustentabilidade, dos sítios florestais em Argissolos de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia, na profundidade de 0,1–0,2 m:

- i. Matéria orgânica (MO);
- ii. Soma de bases (SB);

- iii. Capacidade de troca catiônica (CTC).

Adicionalmente, sugerem-se as inclusões dos indicadores abaixo relacionados nas classificações dos sítios, em Argissolos de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia, na profundidade de 0,2 – 0,4 m:

- i. Umidade gravimétrica na pressão 0,01 MPa (Ug\_0,01);
- ii. Micro poros (PorosMi).

## 4 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados apresentados nesse estudo pode se concluir o que segue:

- Houve degradação da qualidade dos solos cultivados com eucalipto ao longo do período de 35 anos, confirmando a hipótese desse estudo;
- Os solos mais representativos nas mesmas condições de clima, fisiografia e manejo foram: Argissolo Amarelo Distrocoeso abruptico; Argissolo Vermelho Distrófico abruptico; Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abruptico; e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico.
- A sustentabilidade da produção nos sítios cultivados com eucalipto está comprometida pela manejo dos atributos químicos do solo e da matéria orgânica;
- Os indicadores sugeridos para o monitoramento dos sítios foram matéria orgânica (MO), soma de bases trocáveis (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC) na profundidade de 0,1 – 0,2 m e incluir os indicadores umidade gravimétrica na pressão 0,01 MPa (Ug\_0,01) e micro poros (PorosMi) na classificação dos sítios florestais;
- Existem possibilidades potenciais para o aumento de produtividade nos sítios cultivados em Argissolo nos Tabuleiros do Litoral Norte da Bahia, principalmente pelo manejo dos atributos químicos dos solos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, J.; BENAYAS, J.; MACIAS, F. **Processos de Edafogênese e Podzolização**. Anales de Edafología y Agrobiología. Madrid, ES: [s.n.]. 1980. p. 1895-1922.
- ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; CAMBARDELLA, C. A. The soil management assessment framework: Soil quality evaluation method. **Soil Sci. Soc. Am.**, v. 68, p. 1945-1962, 2004.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1099-1108, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário Estatístico da ABRAF 2011, ano base 2010, 2011. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF11-BR.pdf>>. Acesso em: 4 Julho 2011.
- BAHIA. Instituto do Meio Ambiente. Diagnóstico da silvicultura de eucalipto no Sul e Extremo Sul do estado. **IMA**, 2008. Disponível em: <<http://www.ima.ba.gov.br/index.php/diagnostico-e-estudos-ambientais>>. Acesso em: 7 Maio 2011.
- BALLONI, E. A. Produtividade Florestal. **Celulose e Papel**, São Paulo, v. 1, n. (3), p. 57-60, nov./dez. 1985.
- BARROS, N. F. **Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com culturas de Eucalyptus na região de Santa Bárbara, MG**. Universidade federal de Viçosa. Viçosa, MG, p. 89. 1974. Dissertação de Mestrado.
- BARROS, N. F.; COMERFORD, B. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ, V., et al. **Tópicos em ciência do solo**, 2. Viçosa, MG: SBCS, 2002. p.487-592.
- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J. L. D. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, SP: IPEF, 2000. p. 427.
- BORGES, J. S. **Parametrização, calibração e validação do modelo 3-PG para eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais**. UFV. Viçosa, MG. 2009. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa.
- BRASIL. Lei nº 5.106, de 2 set. 1966. Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos à empreendimentos florestais. **Diário Oficial da União**, 5 set., Brasília, DF, 1966.

BRASIL. Decreto-Lei nº 1.376. 12 dez. 1974. Dispõe sobre a criação de Fundos de investimento, altera a legislação do imposto sobre a renda relativa a incentivos fiscais e da outras providências. **Diário Oficial da União, 12 dez., ret. 17 dez.**, Brasília, DF, 1974.

BRASIL. **Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL folha SD. 24 Salvador:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: [s.n.], 1981. 624 p.

BRASIL. Decreto nº 750, 10 fev. 1993. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica, e da outras providências. **Diário Oficial da União, 11 fev.**, Brasília, DF, 1993.

BRASIL. Lei nº 11.428, 22 dez. 2006, Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Diário Oficial da União, 26 dez., ret. 09 jan. 2007**, Brasília, DF, 2006.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística:** princípios e aplicações. Porto Alegre, RS: Artmed, 2003. 255 p.

CÁRDENAS, A. C. **Exportação de nutrientes e produtividade de povoamentos de eucalipto no litoral Norte do Espírito Santo.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 1987. Dissertação de Mestrado.

CARDUCCI, C. E. et al. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a equação duplo van Genuchten. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 77-86, 2011.

CARMEAN, W. H. Forest site quality evaluation in the United States. In: \_\_\_\_\_ **Advances in Agronomy.** New York: Academic Press, Inc., v. 27, 1975. p209-269.

CARMO, D. N.; RESENDE, M.; SILVA, T. C. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto.** Viçosa, MG: Folha, 1990. p. 330.

CARVALHO, C. C. N. **Gênese e transformação de solos em Tabuleiro do Recôncavo Baiano.** UFBA. Salvador, BA. 2001. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia.

CHAER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos.** UFV. Viçosa, MG. 2001. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Microbiologia. Universidade Federal de Viçosa.

CIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA FERBASA. Quem somos. **Ferbasa**, 2011a. Disponível em: <>. Acesso em: 2 julho 2011.

CIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA FERBASA. **Dados históricos do sistema Datasul.** Pojuca, BA. 2011b. Arquivo digital com isumos utilizados nos talhões do estudo a partir de 2003.

CLUTTER, J. L. Compatible growth and yield models for loblolly pine. **Forest Science**, v. 9, 1963. n.3, p.354-371.

COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL - CBPM. **Mapas de geologia na escala 1:50.000**. CBPM, Biblioteca. Salvador. 2011. arquivos digitais: CBPM-001-00055 e CBPM-001-00071.

COSTA, O. V. **Estoque de carbono e indicadores da qualidade do solo de Tabuleiro sob pastagem no Sul da Bahia**. UFV. Viçosa, MG. 2005. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Programa de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas.

DAVIS, K. P. **Forest management: regulation and valuation**. 2. ed. New York, US: McGraw-Hill Book Company, 1966. 519 p.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v. 120, p. 201-214, 2004.

DIAS JUNIOR, M. S. et al. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com eucalipto na região de Peçanha - MG. **R. Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 343-349, 2003.

DIAS, A. N. et al. Avaliação de métodos de ajuste de curvas de índices de local em povoamentos de eucalipto desbastados. **R. Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 741-747, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Brasília, Sistema de Produção de Informação, 1997. 212 p. ISBN 85-85864-03-6.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Brasília, Sistema de Produção de Informação, 2006. 306p.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. **Física do solo**. 1. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2010. Cap. I, p. 1-28.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2. ed. Maceió, AL: EDUFAL, 1996. 606.

FORTUNATO, F. F. **Sistemas pedológicos nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte do Estado da Bahia: uma evolução controlada por duricrostas preexistentes, neotectônica e mudanças paleoclimáticas do Quaternário**. UFBA. Salvador, BA. 2004. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia.

FREITAS, D. A. F. et al. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, CE, v. 43, n. 3, p. 417-428, 2012.

GAVA, J. L. Cultivo mínimo de solos com textura arenosa e média em áreas planas e suave-onduladas. In: GONÇALVES, J. L.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba, SP: IPEF, 2002. Cap. 5, p. 221-243.

GLOVER, J. D.; REGANOLD, J. P.; ANDREWS, P. K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture Ecosystem & Environment**, 2000. (80) p29-45.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 8. ed. Piracicaba, SP: Livaria Nobel, 1978. 430 p. ESALQ/USP.

GONÇALVES, J. L. M. **Interações genótipo-ambiente e relações entre a produtividade de sítios florestais de Eucalyptus grandis e Eucalyptus saligna com propriedades de alguns de textura arenosa e média no Estado de São Paulo**. ESALQ. Piracicaba, SP. 1990. 135 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1990.

GORGENS, E. B. et al. Tendência de crescimento de povoamento de eucalipto após aplicação de desbaste. **R. Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 879-885, 2007.

GREGORIO, D. **Cia de Ferro Ligas da Bahia S/A: Ferbasa**. Ferbasa. Planaltino, BA. 2011. Audiência Pública do processo de EIA-RIMA.

HEYER, C. J. **Die Waldertrags-Regelung**. Ferber, Giesen: Verlag von B.C., 1841.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 91p. p. (Manual Técnico em Geociências n.1).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. (Manual Técnico de Geociências, n.5).

JACOMINE, P. K. T. **Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros**. Reunião Técnica sobre os Solos dos Tabuleiros Costeiros: pesquisa e desenvolvimento para os tabuleiros costeiros. Cruz das Almas, BA e Aracajú, SE: Ufba/Embrapa. 1996. p. 13-26.

KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W., et al. **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. ISBN 0-89118-807. 244 p. (SSSA special publication n. 35).

KARLEN, D.; DITZER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? **Geoderma**, 114, 2003. 145-156.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relação solo-planta**. São Paulo, SP: Editora Agrômica Ceres, 1979.



KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. (Wall-map 150x200 cm).

LANDSBERG, J. J.; WARING, R. H. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. **Forest Ecology and Management**, 95, 1997. 209-228.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. **Conservation and enhancement of soil quality**. Evaluation for sustainable land management in developing world. Thailand, Bangkok: IBSRAM. 1991. Proc. 12(12). Int. Board for Soil Res. and Management.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W., et al. **Defining quality for sustainable environment**. Madison, WI: Soil Science Society of America, Inc., 1994. SSSA publicação especial; nº 35.

LIER, Q. J. Disponibilidade de água às plantas. In: LIER, Q. J. **Física do solo**. 1. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2010. Cap. VIII, p. 283-298.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no Sul de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 2461-2470, 2008.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1599-1608, 2007.

MENEZES, A. A. **Produtividade do eucalipto e sua relação com a qualidade e a classe de solo**. UFV. Viçosa, MG. 2005. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. . A. V. V. H., et al. **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: S. Bra. Ci. Solo, 2007. p. 65-90.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Access 2010 parte do Microsoft Office Professional 2010**. Redmont, WA. 2010a.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Excel 2010 parte do Microsoft Office Professional 2010**. Redmont, WA. 2010b. Conferência gramatical para o português do Brasil, versão 14, Itautec SA, 2009.

MIRANDA, M. C. **Inventário Florestal de Plantada**. Cia de Ferro Ligas da Bahia Ferbasa. Pojuca, BA. 2011. Relatório técnico.

MORA, A. L.; BALLONI, E. A. Produtividade Florestal. **IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais: Circular Técnica**, Piracicaba, SP, nov. 1988. (circular técnica n. 4).

MOREAU, A. M. S. S. et al. Caracterização de solos de duas toposequências em Tabuleiros Costeiros do Sul da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 1007-1019, 2006.

NAMBIAR, E. K. S. Sustained productivity of forest is a continuing challenge to Soil Science. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 1996. v.60, p.1629-1642.

NETO, D. D. et al. **Soil Water Retention Curve (SWRC)**. USP/ESALQ. Piracicaba, SP. 2001. Software versão 3.00.

NUNES, F. C. **Pedogênese e evolução de solos vermelhos e amarelos de Tabuleiros em uma toposequência no Litoral Norte da Bahia**. UFBA. Salvador, BA, p. 210. 2005. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente. Universidade Federal da Bahia.

NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C. S. C. E. G. R. Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos do domínio do "Mar de Morros", Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 341-354, 2001.

ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo**. ESALQ. Piracicaba, SP. 2003. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais com opção em Silvicultura e Manejo Florestal pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. 1. ed. São Paulo, SP: Ed. Manole Ltda., 1990.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. **Reflexo do cultivo mínimo no ambiente e na fisiologia da árvores**. Anais 1º Seminário sobre cultivo mínimo do solo em florestas. Curitiba, PR: [s.n.]. 1995. p. 148-162.

REZENDE, J. O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000. 117 p. Série Estudos Agrícolas, I.

RIBEIRO, A. C.; GONTIJO, P. T.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações pra uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RIBEIRO, L. P. **Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação**. Salvador, BA: CADCT, 1998. 99 p.

RICHARDS, L. A. Methods of mounting porous plates used in soil moisture measurements. **Agron. Journal**, Madison, WI, v. 41, n. 10, p. 489-490, 1949.

SANCHES, O. A.; YONEZAWA, J. T.; ZEN, S. **Evolução do cultivo mínimo em reflorestamento na Cia Suzano de Papel e Celulose**. Anais do 1º Seminário sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas, Curitiba, Brasil. Curitiba, PR: CNPFloresta/IPEF/UNESP/SIF/FUPEF. 1995. p. 140-147.

- SANTANA, J. A. S. **Efeitos de propriedades dos solos na produtividade de duas espécies de eucalipto na região do Médio Rio Doce, MG.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 1986. Dissertação de Mestrado.
- SANTANA, M. B. et al. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de Tabuleiros Costeiros do estado da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 1-12, 2006.
- SANTANA, R. C. et al. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 2723-2733, 2008.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios floteístais do Estado de São Paulo. **R. Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 447-457, 2002.
- SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2005.
- SCHUMACHER, F. X. A new growth curve and its application to timber-yield studies. **Journal of forestry**, Washigton, 1939. (37): 819-20.
- SCOLFORO, J. R. S. **Mensuração florestal; módulo 3:** relações quantitativas, em volume, peso e a relação hipsométrica. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997a. 292 p. (Curso de especialização pós-graduação "Latu Sensu" ensino à distância: manejo de florestas plantadas e florestas nativas).
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal - módulo 3:** métodos para classificação de sítios florestais. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 1997b. 151 p. (Curso de pós-graduação "Latu Sensu" Especialização à Distância: Manejo de Florestas Plantadas e Florestas Nativas).
- SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas.** Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 1998. 453 p. Cursos de pós-graduação "Lato Sensu" Especialização a Distância: Manejo de Florestas Plantadas e Florestas Nativas.
- SILVA, L. G. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, DF, v. 44, n. 6, p. 613-620, 2009.
- SILVEIRA, D. C. et al. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo Distrocoeso no Recôncavo da Bahia. **R. Bra. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 659-667, 2010.
- SKOVSGAARD, J. P.; VANCLAY, J. K. Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. **Forestry**, Oxford, UK, v. 81, n. 1, p. 13-31, 2008.
- SOARES, C. P. B. et al. Especificação de um modelo de crescimento e produção florestal. **R. Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 831-837, 2004.

- SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS. **Forestry Terminology**. 3. ed. Washington, D.Dc: Society of American Foresters, 1958.
- SOUZA, A. L. V. **Avaliação da qualidade de um Latosolo Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural**. UFBA. Cruz das Almas, BA. 2005. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia, 95p.
- SOUZA, M. J. H. et al. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do Rio Doce. **R. Árvore**, Viçosa, MG, p. 399-410, 2006.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**. Tradução de P. CELESTINO. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1993. Coleção Schaum.
- SPURR, S. H. **Forest Inventory**. New York: The Ronald Press Company, 1952.
- STAPE, J. L. et al. The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, 2010. 1684-1694.
- STATPOINT TECHNOLOGIES, INC. **Statgraphics Centurion XVI**. StatPoint Technologies, Inc. Warrenton, Virginia. 2011.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Balanco hídrico do estado da Bahia**. Salvador: SEI, 1999. 250 p. ISBN 85-85976-25-x. (Série Estudos e Pesuisas, 45).
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Instructions ans tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. NJ: Drexel Institute os Techonology, Laboratory os Climatology, 1957. 311p. p. (Publications in Climatology, v.X, n.3).
- TORRENT, J.; SCHWERTMANN, U.; SCHULZE, D. G. Iron oxide mineralogy of some soils of two river terrace sequences in Spani. **Geoderma**, 23, 1980. p.191-208.
- UNDERWOOD, A. J. **Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis os variance**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1997.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2. ed. Washington, DC: U.S. Gov. Print. Office, 1999. 871 p. Natural Resources Conservation Service. Agriculture Handbook. Number 436.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Guidelines for soil quality assessment in conservatism planning**. Washginton, DC: U.S. Gov. Print. Office, 2001.
- UNITED STATES DEPARTMENT OS AGRICULTURE. **Munsell soil-color charts**. Washington: U.S. Gov. Print. Office, 2009.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. A. J.**, Madison, WI, v. 44, p. 892-898, 1980.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, 33, 2009. 743-755.

WYMORE, A. W. **Model-Based Systems Engineering. An Introduction to the Mathematical Theory of Discrete Systems and to the Tricotyledon Theory of System Design**. Boca Raton, FL: CRC, 1993.

**ANEXO A – Resultados das análises dos atributos dos solos nas  
camadas**

**Quadro 31 – Resultados das análises dos atributos granulometria, porosidade e densidade nas camadas**

Sítio	Solo	Rep	Camada	Prof m	AMG g kg <sup>-1</sup>	AG g kg <sup>-1</sup>	AM g kg <sup>-1</sup>	AF g kg <sup>-1</sup>	AMF g kg <sup>-1</sup>	AT g kg <sup>-1</sup>	Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila g kg <sup>-1</sup>	PorosMa cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup>	PorosMi cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup>	PorosTot cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup>	Ds kg dm <sup>-3</sup>	Dp kg dm <sup>-3</sup>
S1	PAdx1	1	1	0–10	12	105	396	289	65	867	43	90	25	12	37	1,30	2,07
S1	PAdx1	1	2	10–20	23	201	430	197	54	905	5	90	24	10	34	1,57	2,38
S1	PAdx1	1	3	20–0,4	7	102	345	253	49	756	4	240	20	13	34	1,53	2,30
S1	PAdx1	2	1	0–10	15	90	415	314	49	883	7	110	26	11	38	1,42	2,28
S1	PAdx1	2	2	10–20	13	121	427	288	75	924	6	70	22	10	32	1,63	2,40
S1	PAdx1	2	3	20–0,4	12	127	375	256	59	829	1	170	15	15	30	1,63	2,33
S1	PAdx1	3	1	0–10	17	144	459	242	43	905	5	90	23	11	34	1,25	1,90
S1	PAdx1	3	2	10–20	7	89	421	303	43	863	7	130	23	14	37	1,48	2,34
S1	PAdx1	3	3	20–0,4	6	102	407	299	31	845	5	150	14	17	32	1,62	2,38
S2	PAdx2	1	1	0–10	6	33	273	435	135	882	78	40	27	13	40	1,36	2,27
S2	PAdx2	1	2	10–20	1	26	219	416	134	796	34	170	20	15	35	1,60	2,48
S2	PAdx2	1	3	20–0,4	2	32	215	386	121	756	64	180	14	18	32	1,60	2,36
S2	PAdx2	2	1	0–10	8	34	199	357	131	729	131	140	21	18	38	1,44	2,35
S2	PAdx2	2	2	10–20	5	27	169	301	113	615	155	230	13	21	34	1,58	2,38
S2	PAdx2	2	3	20–0,4	5	23	136	254	121	539	121	340	6	25	31	1,56	2,27
S2	PAdx2	3	1	0–10	14	30	277	414	146	881	39	80	14	22	36	1,32	2,06
S2	PAdx2	3	2	10–20	2	13	142	326	140	623	327	50	18	13	32	1,65	2,41
S2	PAdx2	3	3	20–0,4	0	23	211	365	140	739	111	150	7	18	24	1,88	2,48
S3	PVd1	1	1	0–10	14	38	294	342	127	815	125	60	24	10	35	1,40	2,14
S3	PVd1	1	2	10–20	3	32	273	421	144	873	67	60	25	12	37	1,55	2,47
S3	PVd1	1	3	20–0,4	3	26	230	392	168	819	111	70	22	12	35	1,50	2,30
S3	PVd1	2	1	0–10	9	23	346	407	140	925	55	21	31	12	44	1,31	2,32
S3	PVd1	2	2	10–20	2	24	205	576	92	899	56	44	27	12	38	1,47	2,39
S3	PVd1	2	3	20–0,4	1	16	304	441	114	876	72	52	13	17	30	1,66	2,36
S3	PVd1	3	1	0–10	10	24	203	550	102	889	58	53	19	19	39	1,40	2,29
S3	PVd1	3	2	10–20	5	29	284	448	143	909	76	15	26	12	38	1,49	2,42
S3	PVd1	3	3	20–0,4	3	79	152	494	96	824	81	95	21	15	36	1,52	2,38

## Continuação

Sítio	Solo	Rep	Camada	Prof m	AMG g kg <sup>-1</sup>	AG g kg <sup>-1</sup>	AM g kg <sup>-1</sup>	AF g kg <sup>-1</sup>	AMF g kg <sup>-1</sup>	AT g kg <sup>-1</sup>	Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila g kg <sup>-1</sup>	PorosMa cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup>	PorosMi cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup>	PorosTot cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup>	Ds kg dm <sup>-3</sup>	Dp kg dm <sup>-3</sup>
S4	PVAd1	1	1	0-10	5	16	287	401	145	854	111	35	27	15	42	1,36	2,34
S4	PVAd1	1	2	10-20	2	16	196	520	138	872	68	60	28	11	39	1,52	2,47
S4	PVAd1	1	3	20-0,4	91	15	246	332	34	718	123	159	18	16	34	1,54	2,32
S4	PVAd1	2	1	0-10	2	18	139	615	122	896	69	36	29	14	43	1,29	2,25
S4	PVAd1	2	2	10-20	1	12	223	519	131	886	53	61	29	12	42	1,46	2,50
S4	PVAd1	2	3	20-0,4	1	16	105	557	146	825	60	115	23	15	38	1,54	2,49
S4	PVAd1	3	1	0-10	6	22	137	589	148	902	31	67	31	15	45	1,31	2,40
S4	PVAd1	3	2	10-20	2	16	120	591	138	867	59	74	27	17	44	1,37	2,47
S4	PVAd1	3	3	20-0,4	1	18	124	581	131	855	78	67	28	12	40	1,52	2,52
S5	PVAd2	1	1	0-10	17	63	252	358	54	744	92	164	14	16	30	1,52	2,16
S5	PVAd2	1	2	10-20	3	44	186	368	60	661	98	241	14	17	31	1,54	2,22
S5	PVAd2	1	3	20-0,4	2	39	166	288	59	554	167	279	14	22	36	1,50	2,34
S5	PVAd2	2	1	0-10	10	71	292	409	56	838	65	97	16	15	31	1,41	2,05
S5	PVAd2	2	2	10-20	9	72	233	361	60	735	123	142	16	18	34	1,55	2,36
S5	PVAd2	2	3	20-0,4	6	57	194	341	65	663	101	236	9	20	29	1,66	2,33
S5	PVAd2	3	1	0-10	2	44	168	310	48	572	398	30	17	16	33	1,36	2,04
S5	PVAd2	3	2	10-20	5	54	196	398	15	668	174	158	14	19	33	1,32	1,97
S5	PVAd2	3	3	20-0,4	31	69	190	353	13	656	89	255	16	24	40	1,43	2,37
S6	PAdx1	1	1	0-10	3	83	418	302	97	903	45	52	21	16	37	1,47	2,34
S6	PAdx1	1	2	10-20	9	78	264	468	63	882	46	72	21	16	37	1,47	2,34
S6	PAdx1	1	3	20-0,4	8	61	324	323	82	798	54	148	13	20	33	1,47	2,18
S6	PAdx1	2	1	0-10	6	113	331	356	97	903	59	38	21	16	37	1,47	2,34
S6	PAdx1	2	2	10-20	9	64	382	351	81	888	45	67	21	16	37	1,47	2,34
S6	PAdx1	2	3	20-0,4	5	58	228	413	84	788	62	150	13	20	33	1,47	2,18
S6	PAdx1	3	1	0-10	5	60	408	340	99	911	45	44	21	16	37	1,47	2,34
S6	PAdx1	3	2	10-20	8	61	237	441	87	833	91	76	21	16	37	1,47	2,34
S6	PAdx1	3	3	20-0,4	11	43	288	345	84	771	79	150	13	20	33	1,47	2,18
S7	PAdx2	1	1	0-10	4	44	185	457	121	810	99	91					



## Continuação

Sítio	Solo	Rep	Camada	Prof m	AMG g kg <sup>-1</sup>	AG g kg <sup>-1</sup>	AM g kg <sup>-1</sup>	AF g kg <sup>-1</sup>	AMF g kg <sup>-1</sup>	AT g kg <sup>-1</sup>	Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila g kg <sup>-1</sup>	PorosMa cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup>	PorosMi cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup>	PorosTot cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup>	Ds kg dm <sup>-3</sup>	Dp kg dm <sup>-3</sup>
S7	PAdx2	1	2	10 – 20	3	34	118	416	169	741	133	126	23,16	19,53	42,69	1,17	1,97
S7	PAdx2	1	3	20–0,4	7	29	107	391	118	652	125	223	22,18	20,62	42,8	1,33	2,31
S7	PAdx2	2	1	0– 10	7	39	154	465	124	789	116	95	22,12	19,71	41,83	1,17	1,97
S7	PAdx2	2	2	10 – 20	2	34	135	447	130	748	118	134	22,12	19,71	41,83	1,17	1,97
S7	PAdx2	2	3	20–0,4	5	27	107	408	119	665	120	215	21,55	21,49	43,04	1,33	2,31
S7	PAdx2	3	1	0– 10	10	42	151	460	129	792	102	106	20,81	17,11	37,92	1,17	1,97
S7	PAdx2	3	2	10 – 20	4	31	119	418	149	721	141	138	20,81	17,11	37,92	1,17	1,97
S7	PAdx2	3	3	20–0,4	1	33	115	402	123	673	110	217	19,6	22,06	41,66	1,33	2,31
S8	PVAd3	1	1	0– 10	3	32	156	571	127	889	61	50	28	16	44	1,49	2,64
S8	PVAd3	1	2	10 – 20	3	27	130	587	146	892	48	60	28	16	44	1,49	2,64
S8	PVAd3	1	3	20–0,4	4	23	108	519	186	839	51	110	24	18	42	1,44	2,46
S8	PVAd3	2	1	0– 10	3	45	188	507	148	891	59	50	24	15	39	1,59	2,61
S8	PVAd3	2	2	10 – 20	1	19	93	580	192	885	45	70	24	15	39	1,59	2,61
S8	PVAd3	2	3	20–0,4	3	29	129	514	168	843	57	100	21	20	41	1,47	2,49
S8	PVAd3	3	1	0– 10	14	31	148	528	175	895	25	80	31	13	44	1,44	2,60
S8	PVAd3	3	2	10 – 20	2	23	109	551	195	880	60	60	31	13	44	1,44	2,60
S8	PVAd3	3	3	20–0,4	2	27	137	541	140	847	93	60	22	18	40	1,51	2,53

Rep: repetição;  
 Horiz: horizonte;  
 Prof: profundidade;  
 SI: índice de sítio;  
 IMA<sub>6</sub>: incremento médio anual na idade de referência 6 anos;  
 AMG: areia muito grossa (2-1 mm);  
 AG: areia grossa (1-0,5 mm);  
 AM: areia média (0,5-0,25 mm);  
 AF: areia fina (0,25-0,1 mm);  
 AMF: areia muito fina (0,1-0,05 mm);  
 AT: areia total (2-0,05 mm);  
 PorosMa: macroporos;  
 PorosMi: microporos;  
 PorosTot: poros total;  
 Ds: densidade do solo;  
 Dp: densidade da partícula.

**Quadro 32 – Resultados das análises dos atributos cor, estrutura e consistência nas camadas**

Sitio	Rep	Camada	Horiz	Munsell Color	Estrutura tipo	Estrutura grau	Estrutura tamanho	Estrutura forma	ConstSeco	ConsistUmido	ConsistPlast	ConsistPegaj	IV	n_tipo	n_grau	n_tamanho	n_forma	n_es	n_se	n_umido	n_plast	n_pegaj
S1	1	1	Ap	(9YR 4/4, úmido);	agregado	fraca	pequena	blocos subangulares;	ligeiramente dura,	muito friável a friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	1	1	5	5	12	3	2,5	1	1
S1	1	2	Ap	(9YR 4/4, úmido);	agregado	fraca	pequena	blocos subangulares;	ligeiramente dura a dura,	muito friável a friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	1	1	5	5	12	3,5	2,5	1	1
S1	1	3	AB	(9YR 5/4, úmido);	agregado	fraca	pequena	blocos subangulares;	ligeiramente dura a dura,	muito friável a friável,	não plástica,	não pegajosa a ligeiramente pegajosa;	0	1	1	5	5	12	3,5	2,5	1	1,5
S1	2	1	Ap	(9YR 4/4, úmido);	agregado	fraca	pequena	blocos subangulares;	ligeiramente dura,	muito friável a friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	1	1	5	5	12	3	2,5	1	1
S1	2	2	Ap	(9YR 4/4, úmido);	agregado	fraca	pequena	blocos subangulares;	ligeiramente dura a dura,	muito friável a friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	1	1	5	5	12	3,5	2,5	1	1
S1	2	3	AB	(9YR 5/4, úmido);	agregado	fraca	pequena	blocos subangulares;	ligeiramente dura a dura,	muito friável a friável,	não plástica,	não pegajosa a ligeiramente pegajosa;	0	1	1	5	5	12	3,5	2,5	1	1,5
S1	3	1	Ap	(9YR 4/4, úmido);	agregado	fraca	pequena	blocos subangulares;	ligeiramente dura,	muito friável a friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	1	1	5	5	12	3	2,5	1	1
S1	3	2	Ap	(9YR 4/4, úmido);	agregado	fraca	pequena	blocos subangulares;	ligeiramente dura a dura,	muito friável a friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	1	1	5	5	12	3,5	2,5	1	1
S1	3	3	AB	(9YR 5/4, úmido);	agregado	fraca	pequena	blocos subangulares;	ligeiramente dura a dura,	muito friável a friável,	não plástica,	não pegajosa a ligeiramente pegajosa;	0	1	1	5	5	12	3,5	2,5	1	1,5
S2	1	1	Ap	(10YR 2/1, úmido);	grão simples	fraca	média	blocos subangulares;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	4	9	2	1	1	1
S2	1	2	Ap	(10YR 2/1, úmido);	grão simples	fraca	média	blocos subangulares;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	4	9	2	1	1	1
S2	1	3	BA x1	(10YR 4/3, úmido);	grão simples	fraca	média a grande	blocos subangulares;	dura,	friável,	ligeiramente plástica,	ligeiramente pegajosa;	0	0	1	3,5	4	8,5	4	3	2	2
S2	2	1	Ap	(10YR 2/1, úmido);	grão simples	fraca	média	blocos subangulares;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	4	9	2	1	1	1
S2	2	2	Ap	(10YR 2/1, úmido);	grão simples	fraca	média	blocos subangulares;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	4	9	2	1	1	1
S2	2	3	BA x1	(10YR 4/3, úmido);	grão simples	fraca	média a grande	blocos subangulares;	dura,	friável,	ligeiramente plástica,	ligeiramente pegajosa;	0	0	1	3,5	4	8,5	4	3	2	2
S2	3	1	Ap	(10YR 2/1, úmido);	grão simples	fraca	média	blocos subangulares;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	4	9	2	1	1	1
S2	3	2	Ap	(10YR 2/1, úmido);	grão simples	fraca	média	blocos subangulares;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	4	9	2	1	1	1
S2	3	3	BA x1	(10YR 4/3, úmido);	grão simples	fraca	média a grande	blocos subangulares;	dura,	friável,	ligeiramente plástica,	ligeiramente pegajosa;	0	0	1	3,5	4	8,5	4	3	2	2
S3	1	1	A	(7,5YR 7/4, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	1	0	1	3	4	8	2	2	1	1
S3	1	2	A	(7,5YR 7/4, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	ligeiramente dura,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	1	0	1	3	4	8	3	2	1	1
S3	1	3	AB	(5YR 5/8, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	macia,	muito friável,	não plástica,	ligeiramente pegajosa;	8	0	1	3	4	8	2	2	1	2
S3	2	1	A	(7,5YR 7/4, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	1	0	1	3	4	8	2	2	1	1
S3	2	2	A	(7,5YR 7/4, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	1	0	1	3	4	8	2	2	1	1
S3	2	3	AB	(5YR 5/8, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	ligeiramente dura,	muito friável,	não plástica,	ligeiramente pegajosa;	8	0	1	3	4	8	3	2	1	2

## Continuação

Siti o	Re p	Cam da	Hor iz	Munsell Color	Estrutura tipo	Estrutura grau	Estrutura tamanho	Estrutura forma	ConstSeco	ConsistUmido	ConsistPlast	ConsistPegaj	IV	n_ti po	n_gr au	n_ta man ho	n_fo rma	n_es t	n_se co	n_u mido	n_pl ast	n_p egaj
S3	3	1	A	(7,5YR 7/4, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	1	0	1	3	4	8	2	2	1	1
S3	3	2	A	(7,5YR 7/4, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	ligeiramente dura,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	1	0	1	3	4	8	3	2	1	1
S3	3	3	AB	(5YR 5/8, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	ligeiramente dura a dura,	muito friável,	não plástica,	ligeiramente pegajosa;	8	0	1	3	4	8	3,5	2	1	2
S4	1	1	A	(10YR 4/2, úmido);	grão simples	fraca	pequena a média		macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4,5	6	11,5	2	1	1	1
S4	1	2	E	(10YR 5/4, úmido);	grão simples	fraca	média	blocos subangulares;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	4	9	2	1	1	1
S4	1	3	BEx	(5YR 4/6, úmido);	maciça				muito dura,	friável a firme,	ligeiramente plástica,	ligeiramente pegajosa;	8	0		0	0	5	3,5	2	2	
S4	2	1	A	(10YR 4/2, úmido);	grão simples	fraca	pequena a média	granular;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4,5	6	11,5	2	1	1	1
S4	2	2	E	(10YR 5/4, úmido);	grão simples	fraca	média	blocos subangulares;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	4	9	2	1	1	1
S4	2	3	BEx	(5YR 4/6, úmido);	maciça				muito dura,	friável a firme,	ligeiramente plástica,	ligeiramente pegajosa;	8	0		0	0	5	3,5	2	2	
S4	3	1	A	(10YR 4/2, úmido);	grão simples	fraca	pequena a média	granular;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4,5	6	11,5	2	1	1	1
S4	3	2	E	(10YR 5/4, úmido);	grão simples	fraca	média	blocos subangulares;	macia,	solta,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	4	9	2	1	1	1
S4	3	3	BEx	(5YR 4/6, úmido);	maciça				muito dura,	friável a firme,	ligeiramente plástica,	ligeiramente pegajosa;	8	0		0	0	5	3,5	2	2	
S5	1	1	A1	(10YR 4/3, úmido);	grão simples	moderada	média a grande	granular;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	2	3,5	6	11,5	2	2	1	1
S5	1	2	A2	(7,5YR 4/3, úmido);	grão simples	fraca	média a grande	blocos subangulares;	ligeiramente dura,	friável,	não plástica,	não pegajosa;	2	0	1	3,5	4	8,5	3	3	1	1
S5	1	3	ABx	(5YR 4/4, úmido);	maciça				dura a muito dura,	firme a muito firme,	plástica,	ligeiramente pegajosa;	5	0		0	0	4,5	5,5	3	2	
S5	2	1	A1	(10YR 4/3, úmido);	grão simples	moderada	média a grande	granular;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	2	3,5	6	11,5	2	2	1	1
S5	2	2	A2	(7,5YR 4/3, úmido);	grão simples	fraca	média a grande	blocos subangulares;	ligeiramente dura,	friável,	não plástica,	não pegajosa;	2	0	1	3,5	4	8,5	3	3	1	1
S5	2	3	ABx	(5YR 4/4, úmido);	maciça				dura a muito dura,	firme a muito firme,	plástica,	ligeiramente pegajosa;	5	0		0	0	4,5	5,5	3	2	
S5	3	1	A1	(10YR 4/3, úmido);	grão simples	moderada	média a grande	granular;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	2	3,5	6	11,5	2	2	1	1
S5	3	2	A2	(7,5YR 4/3, úmido);	grão simples	fraca	média a grande	blocos subangulares;	ligeiramente dura,	friável,	não plástica,	não pegajosa;	2	0	1	3,5	4	8,5	3	3	1	1
S5	3	3	ABx	(5YR 4/4, úmido);	maciça				dura a muito dura,	firme a muito firme,	plástica,	ligeiramente pegajosa;	5	0		0	0	4,5	5,5	3	2	
S6	1	1	A	(10YR 6/4, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	macia,	solta a muito friável	não plástica a ligeiramente plástico,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	2	1,5	1,5	1
S6	1	2	BA	(9YR 6/8, úmido);	agregado	fraca	média	blocos subangulares;	dura,	friável a firme,	não plástica a ligeiramente plástico,	ligeiramente pegajosa;	0	1	1	4	4	10	4	3,5	1,5	2
S6	1	3	Btx1	(9YR 6/8, úmido);	agregado	fraca	média a grande	blocos subangulares;	dura,	friável,	ligeiramente plástica,	ligeiramente pegajosa;	0	1	1	3,5	4	9,5	4	3	2	2
S6	2	1	A	(10YR 6/4, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	macia,	solta a muito friável	não plástica a ligeiramente plástico,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	2	1,5	1,5	1
S6	2	2	BA	(9YR 6/8, úmido);	agregado	fraca	média	blocos subangulares;	dura,	friável a firme,	não plástica a ligeiramente plástico,	ligeiramente pegajosa;	0	1	1	4	4	10	4	3,5	1,5	2
S6	2	3	Btx1	(9YR 6/8, úmido);	agregado	fraca	média a grande	blocos subangulares;	dura,	friável,	ligeiramente plástica,	ligeiramente pegajosa;	0	1	1	3,5	4	9,5	4	3	2	2

## Continuação

Siti o	Re p	Cam da	Hor iz	Munsell Color	Estrutura tipo	Estrutura grau	Estrutura tamanho	Estrutura forma	ConstSeco	ConsistUmido	ConsistPlast	ConsistPegaj	IV	n_t po	n_gr au	n_ta man ho	n_fo rma	n_es t	n_se co	n_u mido	n_pl ast	n_p egaj
S6	3	1	A	(10YR 6/4, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	macia,	solta a muito friável	não plástica a ligeiramente plástico,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	2	1,5	1,5	1
S6	3	2	BA	(9YR 6/8, úmido);	agregado	fraca	média	blocos subangulares;	dura,	friável a firme,	não plástica a ligeiramente plástico,	ligeiramente pegajosa;	0	1	1	4	4	10	4	3,5	1,5	2
S6	3	3	Btx 1	(9YR 6/8, úmido);	agregado	fraca	média a grande	blocos subangulares;	dura,	friável,	ligeiramente plástica,	ligeiramente pegajosa;	0	1	1	3,5	4	9,5	4	3	2	2
S7	1	1	A	(10YR 5/2, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	2	2	1	1
S7	1	2	AB x	(10YR 5/2, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	ligeiramente dura a dura,	friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	3,5	3	1	1
S7	1	3	BA x	(10YR 5/3, úmido)	maciça	fraca	média	blocos subangulares;	muito dura,	friável a firme,	ligeiramente plástica,	pegajosa;	0	0	1	4	4	9	5	3,5	2	3
S7	2	1	A	(10YR 5/2, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	2	2	1	1
S7	2	2	AB x	(10YR 5/2, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	ligeiramente dura a dura,	friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	3,5	3	1	1
S7	2	3	BA x	(10YR 5/3, úmido)	maciça	fraca	média	blocos subangulares;	muito dura,	friável a firme,	ligeiramente plástica,	pegajosa;	0	0	1	4	4	9	5	3,5	2	3
S7	3	1	A	(10YR 5/2, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	macia,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	2	2	1	1
S7	3	2	AB x	(10YR 5/2, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	ligeiramente dura a dura,	friável,	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	3,5	3	1	1
S7	3	3	BA x	(10YR 5/3, úmido)	maciça	fraca	média	blocos subangulares;	muito dura,	friável a firme,	ligeiramente plástica,	pegajosa;	0	0	1	4	4	9	5	3,5	2	3
S8	1	1	A	(10YR 6/2, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	macia,	solta a muito friável	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	2	1,5	1	1
S8	1	2	AB	(5YR 5/8, úmido); (10YR 4/2, úmido); (10YR 4/4); (10YR 7/2)	grão simples	fraca	média	granular;	ligeiramente dura,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	2	0	1	4	6	11	3	2	1	1
S8	1	3	BA	(5YR 5/8, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	dura,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	8	0	1	3	5	9	4	2	1	1
S8	2	1	A	(10YR 6/2, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	macia,	solta a muito friável	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	2	1,5	1	1
S8	2	2	AB	(5YR 5/8, úmido); (10YR 4/2, úmido); (10YR 4/4); (10YR 7/2)	grão simples	fraca	média	granular;	ligeiramente dura,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	2	0	1	4	6	11	3	2	1	1
S8	2	3	BA	(5YR 5/8, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	dura,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	8	0	1	3	5	9	4	2	1	1
S8	3	1	A	(10YR 6/2, úmido);	grão simples	fraca	média	granular;	macia,	solta a muito friável	não plástica,	não pegajosa;	0	0	1	4	6	11	2	1,5	1	1
S8	3	2	AB	(5YR 5/8, úmido); (10YR 4/2, úmido); (10YR 4/4); (10YR 7/2)	grão simples	fraca	média	granular;	ligeiramente dura,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	2	0	1	4	6	11	3	2	1	1
S8	3	3	BA	(5YR 5/8, úmido);	grão simples	fraca	grande	blocos subangulares;	dura,	muito friável,	não plástica,	não pegajosa;	8	0	1	3	5	9	4	2	1	1
Rep:	repetição;							n_plast:	valor numérico para consistência do solo molhado plasticidade			Ug_0,5:	umidade gravimétrica na pressão 0,5 MPa;									
Horiz:	horizonte;							n_pegaj:	valor numérico para consistência do solo molhado pegajosidade;			Ug_1,5:	umidade gravimétrica na pressão 1,5 MPa;									
Prof:	profundidade;							Ug_0,01:	umidade gravimétrica na pressão 0,01 MPa;			CAD:	capacidade de água disponível;									
IV:	índice de avermelhamento;							Ug_0,033:	umidade gravimétrica na pressão 0,033 MPa;			Rp_0,01:	resistência do solo à penetração na pressão 0,01 MPa;									
n_seco:	valor numérico para consistência do solo seco;							Ug_0,1:	umidade gravimétrica na pressão 0,1 MPa;			Rp_0,033:	resistência do solo à penetração na pressão 0,033 MPa;									
ConÚmido:	valor numérico para consistência do solo úmido;							Ug_0,3:	umidade gravimétrica na pressão 0,3 MPa;			Rp_0,1:	resistência do solo à penetração na pressão 0,1 MPa									

**Quadro 33 – Resultados das análises dos atributos umidade gravimétrica e resistência do solo à penetração nas camadas**

Sítio	Rep	Camada	Horiz	Ug_0,1	Ug_0,33	Ug_1	Ug_3	Ug_5	Ug_15	CAD	RP_0,1
S1	1	1	Ap	5,65	4,84	4,97			4,36	1,30	0,73
S1	1	2	Ap	5,65	4,84	4,97			4,36	1,30	0,73
S1	1	3	AB	11,05	8,09	8,46			7,59	3,46	3,00
S1	2	1	Ap	7,46	4,43	4,37			3,98	3,47	0,66
S1	2	2	Ap	7,46	4,43	4,37			3,98	3,47	0,66
S1	2	3	AB	10,75	7,46	7,89			6,55	4,20	2,22
S1	3	1	Ap	4,18	3,80	3,56			3,20	0,98	0,88
S1	3	2	Ap	4,18	3,80	3,56			3,20	0,98	0,88
S1	3	3	AB	10,86	7,59	7,78			6,43	4,43	2,55
S2	1	1	Ap	7,26	7,89	6,02	3,03	2,56	2,75	4,51	0,52
S2	1	2	Ap	7,26	7,89	6,02	3,03	2,56	2,75	4,51	0,52
S2	1	3	BAX1	10,38	8,62	6,35	6,87	6,62	6,31	4,07	2,17
S2	2	1	Ap	13,02	11,15	8,52	2,92	2,52	4,76	8,26	1,52
S2	2	2	Ap	13,02	11,15	8,52	2,92	2,52	4,76	8,26	1,52
S2	2	3	BAX1	9,92	9,03	6,63	6,97	6,64	6,25	3,67	2,58
S2	3	1	Ap	12,55	7,13	4,62	2,96	2,51	2,73	9,82	0,88
S2	3	2	Ap	12,55	7,13	4,62	2,96	2,51	2,73	9,82	0,88
S2	3	3	BAX1	9,93	8,88	6,93	6,95	6,63	6,32	3,61	1,94
S3	1	1	A	7,26	8,81	7,33	6,00		3,79	3,47	0,86
S3	1	2	A	7,26	8,81	7,33	6,00		3,79	3,47	0,86
S3	1	3	AB	9,90	8,37	10,82	9,37		6,19	3,71	0,91
S3	2	1	A	7,74	10,16	6,76	6,51		6,12	1,62	0,69
S3	2	2	A	7,74	10,16	6,76	6,51		6,12	1,62	0,69
S3	2	3	AB	10,02	11,08	7,60	6,44		6,40	3,62	3,11
S3	3	1	A	7,92	15,47	7,87	6,91		7,47	0,45	0,83
S3	3	2	A	7,92	15,47	7,87	6,91		7,47	0,45	0,83
S3	3	3	AB	10,03	8,81	8,75	6,75		6,61	3,42	1,88
S4	1	1	A	8,07	5,90	7,38	3,26	2,82	2,97	5,09	0,73
S4	1	2	E	8,07	5,90	7,38	3,26	2,82	2,97	5,09	0,73
S4	1	3	BEx	14,84	9,61	9,62	7,25	7,24	6,87	7,97	3,01
S4	2	1	A	6,96	6,29	6,69	3,13	2,96	2,86	4,10	0,66
S4	2	2	E	6,96	6,29	6,69	3,13	2,96	2,86	4,10	0,66
S4	2	3	BEx	14,48	9,43	10,57	7,34	7,19	6,89	7,59	2,22

## Continuação

Sítio	Rep	Camada	Horiz	Ug_0,1	Ug_0,33	Ug_1	Ug_3	Ug_5	Ug_15	CAD	RP_0,1
S4	3	1	A	9,32	8,68	6,30	3,21	2,88	2,84	6,48	0,87
S4	3	2	E	9,32	8,68	6,30	3,21	2,88	2,84	6,48	0,87
S4	3	3	BEx	13,74	8,64	10,54	7,32	7,18	6,93	6,82	2,55
S5	1	1	A1	10,19	9,69	0,96	5,59	4,59	4,56	5,63	1,97
S5	1	2	A2	10,19	9,69	0,96	5,59	4,59	4,56	5,63	1,97
S5	1	3	ABx	10,74	11,72	4,36	9,64	9,17	8,90	1,84	3,12
S5	2	1	A1	8,58	8,05	3,79	5,38	4,60	4,75	3,83	0,94
S5	2	2	A2	8,58	8,05	3,79	5,38	4,60	4,75	3,83	0,94
S5	2	3	ABx	11,01	11,25	7,89	9,79	9,29	8,85	2,16	2,79
S5	3	1	A1	11,08	7,77	5,37	15,70	4,73	4,48	6,60	1,10
S5	3	2	A2	11,08	7,77	5,37	15,70	4,73	4,48	6,60	1,10
S5	3	3	ABx	11,37	11,42	11,68	9,53	9,23	8,82	2,55	3,53
S6	1	1	A	8,90	10,20	6,40			5,30	3,60	1,34
S6	1	2	BA	8,90	10,20	6,40			5,30	3,60	1,34
S6	1	3	Btx1	9,30	5,90	6,50			5,20	4,10	3,12
S6	2	1	A	8,60	6,30	5,60			5,10	3,50	1,34
S6	2	2	BA	8,60	6,30	5,60			5,10	3,50	1,34
S6	2	3	Btx1	10,70	6,20	6,70			6,20	4,50	3,12
S6	3	1	A	10,70	8,30	6,30			5,20	5,50	1,34
S6	3	2	BA	10,70	8,30	6,30			5,20	5,50	1,34
S6	3	3	Btx1	10,10	8,10	6,70			5,20	4,90	3,12
S7	1	1	A	15,90	14,60	9,30	4,00	3,00	3,30	12,60	0,77
S7	1	2	ABx	15,90	14,60	9,30	4,00	3,00	3,30	12,60	0,77
S7	1	3	BAX	11,80	10,20	8,50	4,70	7,90	7,40	4,40	1,97
S7	2	1	A	15,10	13,00	13,10	3,70	3,20	3,60	11,50	0,77
S7	2	2	ABx	15,10	13,00	13,10	3,70	3,20	3,60	11,50	0,77
S7	2	3	BAX	12,70	11,40	9,30	8,00	7,80	7,50	5,20	1,97
S7	3	1	A	12,20	12,60	8,60	3,50	2,90	3,20	9,00	0,77
S7	3	2	ABx	12,20	12,60	8,60	3,50	2,90	3,20	9,00	0,77
S7	3	3	BAX	12,20	10,20	8,50	8,00	7,80	7,40	4,80	1,97
S8	1	1	A	11,50	5,90	5,30	6,40		4,30	7,20	0,96
S8	1	2	AB	11,50	5,90	5,30	6,40		4,30	7,20	0,96
S8	1	3	BA	8,70	7,80	7,10	6,00		4,60	4,10	2,21
S8	2	1	A	6,80	5,90	7,10	6,40		5,60	1,20	0,96
S8	2	2	AB	6,80	5,90	7,10	6,40		5,60	1,20	0,96
S8	2	3	BA	8,30	7,20	5,60	5,30		4,80	3,50	2,21
S8	3	1	A	8,80	8,00	6,40	6,10		4,40	4,40	0,96
S8	3	2	AB	8,80	8,00	6,40	6,10		4,40	4,40	0,96
S8	3	3	BA	8,90	7,00	6,80	5,30		4,60	4,30	2,21

Quadro 34 – Resultados das análises dos atributos químicos nas camadas

Sítio	Solo	Rep.	Camada	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Δ pH	MO g/kg	Ca cmolc/kg	Mg cmolc/kg	K cmolc/kg	Na cmolc/kg	Al cmolc/kg	H+Al cmolc/kg	SB cmolc/kg	CTC cmolc/kg	Sat. bases V%	Saturaçã o Al%	Saturaçã o Na%	P assim. mg/kg
S1	PAdx1	1	1	5,7	5,0	-0,7	10,14	1,4	0,8	0,03	0,02	0,0	2,3	2,3	4,6	49	0	0	4
S1	PAdx1	1	2	5,1	4,3	-0,8	8,90	0,4	0,5	0,02	0,02	0,2	0,9	0,9	1,8	51	18	1	3
S1	PAdx1	1	3	4,8	4,2	-0,6	5,58	0,2	0,3	0,02	0,01	0,4	0,5	0,5	1,0	51	43	1	1
S1	PAdx1	2	1	5,2	4,6	-0,6	11,69	1,5	0,7	0,04	0,05	0,1	2,6	2,3	4,9	47	4	1	-
S1	PAdx1	2	2	4,7	4,0	-0,7	4,24	0,5	0,3	0,02	0,02	0,2	2,4	0,8	3,2	26	19	1	13
S1	PAdx1	2	3	4,7	4,1	-0,6	4,55	0,3	0,3	0,02	0,01	0,4	2,4	0,6	3,0	21	39	0	3
S1	PAdx1	3	1	5,4	4,6	-0,8	8,49	1,2	0,4	0,03	0,03	0,1	2,2	1,7	3,9	43	6	1	3
S1	PAdx1	3	2	5,4	4,5	-0,9	3,41	0,6	0,2	0,02	0,02	0,1	1,5	0,8	2,4	35	11	1	2
S1	PAdx1	3	3	5,3	4,4	-0,9	2,59	0,5	0,2	0,01	0,02	0,2	1,7	0,7	2,4	31	22	1	2
S2	PAdx2	1	1	6,3	5,8	-0,5	10,45	2,1	0,7	0,05	0,06	0,0	1,3	2,9	4,2	69	0	1	-
S2	PAdx2	1	2	5,6	4,7	-0,9	5,28	0,7	0,5	0,03	0,02	0,0	1,7	1,3	2,9	43	0	1	16
S2	PAdx2	1	3	5,2	4,3	-0,9	4,35	0,5	0,3	0,03	0,03	0,3	2,3	0,9	3,2	27	26	1	6
S2	PAdx2	2	1	6,0	5,3	-0,7	14,07	2,3	0,8	0,06	0,03	0,0	2,3	3,2	5,5	58	0	1	11
S2	PAdx2	2	2	5,3	4,5	-0,8	9,42	0,9	0,5	0,04	0,03	0,1	2,3	1,5	3,8	39	6	1	4
S2	PAdx2	2	3	5,0	4,2	-0,8	6,83	0,4	0,3	0,02	0,04	0,5	2,4	0,8	3,2	24	40	1	1
S2	PAdx2	3	1	6,2	5,7	-0,5	12,52	2,6	0,9	0,08	0,01	0,0	1,5	3,6	5,1	70	0	0	4
S2	PAdx2	3	2	5,6	4,6	-1,0	4,45	0,8	0,3	0,05	0,02	0,0	1,8	1,2	2,9	40	0	1	2
S2	PAdx2	3	3	5,1	4,2	-0,9	3,73	0,6	0,2	0,03	0,02	0,3	2,3	0,9	3,2	27	26	1	1
S3	PVd1	1	1	5,9	5,3	-0,6	14,80	3,0	1,0	0,05	0,05	0,1	2,9	4,1	7,0	59	2	1	8
S3	PVd1	1	2	5,3	4,5	-0,8	6,73	1,0	0,4	0,02	0,02	0,1	2,5	1,4	4,0	36	6	1	-
S3	PVd1	1	3	5,2	4,4	-0,8	4,14	0,7	0,3	0,01	0,02	0,1	2,0	1,0	3,0	34	9	1	2
S3	PVd1	2	1	4,8	4,1	-0,7	6,93	0,4	0,2	0,02	0,02	0,3	2,4	0,6	3,1	21	32	1	2
S3	PVd1	2	2	4,6	4,1	-0,5	6,52	0,1	0,1	0,01	0,01	0,4	2,3	0,2	2,5	9	65	0	2
S3	PVd1	2	3	4,6	4,2	-0,4	4,14	0,2	0,0	0,01	0,03	0,4	2,2	0,2	2,4	10	63	1	-

## Continuação

Sítio	Solo	Rep.	Camada	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	D pH	MO g kg <sup>-1</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	K cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Na cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Al cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	SB cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	CTC cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Sat. bases V%	Saturaçã o Al%	Saturaçã o Na%	P assim. mg/kg
S3	PVd1	3	1	4,9	4,1	-0,8	8,28	0,4	0,2	0,02	0,02	0,4	2,8	0,6	3,4	19	38	1	2
S3	PVd1	3	2	5,1	4,3	-0,8	4,86	0,3	0,2	0,01	0,01	0,2	1,5	0,5	2,1	25	28	0	3
S3	PVd1	3	3	4,8	4,2	-0,6	3,52	0,2	0,2	0,01	0,01	0,4	1,9	0,4	2,3	18	49	0	3
S4	PVAd1	1	1	5,4	4,6	-0,8	7,86	1,2	0,5	0,03	0,02	0,1	1,9	1,8	3,6	48	5	1	3
S4	PVAd1	1	2	5,3	4,3	-1,0	4,45	0,4	0,3	0,00	0,02	0,2	1,5	0,7	2,3	32	22	1	2
S4	PVAd1	1	3	5,0	4,2	-0,8	4,24	0,4	0,3	0,01	0,03	0,3	2,1	0,7	2,8	26	29	1	-
S4	PVAd1	2	1	5,3	4,5	-0,8	9,11	1,1	0,5	0,03	0,02	0,1	2,6	1,7	4,3	38	6	0	3
S4	PVAd1	2	2	5,3	4,5	-0,8	4,76	0,6	0,3	0,01	0,02	0,1	1,7	0,9	2,6	36	10	1	7
S4	PVAd1	2	3	5,1	4,3	-0,8	3,62	0,4	0,2	0,01	0,02	0,2	1,7	0,6	2,3	28	24	1	6
S4	PVAd1	3	1	5,3	4,6	-0,7	11,90	1,4	0,5	0,05	0,03	0,0	2,6	2,0	4,6	43	0	1	5
S4	PVAd1	3	2	5,1	4,3	-0,8	6,73	0,7	0,3	0,01	0,02	0,1	2,2	1,0	3,2	32	9	1	2
S4	PVAd1	3	3	5,2	4,5	-0,7	5,28	0,8	0,2	0,01	0,02	0,1	1,7	1,0	2,7	38	9	1	1
S5	PVAd2	1	1	5,7	5,1	-0,6	20,49	2,3	1,2	0,04	0,05	0,1	3,1	3,6	6,7	54	3	1	2
S5	PVAd2	1	2	5,2	4,6	-0,6	11,07	1,2	0,6	0,02	0,05	0,1	3,0	1,9	4,8	39	5	1	2
S5	PVAd2	1	3	4,9	4,4	-0,5	5,59	0,8	0,3	0,01	0,06	0,3	2,6	1,2	3,8	31	20	2	-
S5	PVAd2	2	1	5,2	4,6	-0,6	15,21	1,8	0,7	0,06	0,03	0,1	3,1	2,6	5,7	46	4	1	2
S5	PVAd2	2	2	4,8	4,3	-0,5	9,73	0,9	0,5	0,02	0,03	0,1	3,0	1,5	4,4	33	6	1	2
S5	PVAd2	2	3	4,8	4,3	-0,5	8,59	0,7	0,3	0,02	0,02	0,3	2,6	1,0	3,7	28	22	1	5
S5	PVAd2	3	1	5,5	4,9	-0,6	15,11	1,8	0,9	0,03	0,07	0,0	2,4	2,8	5,2	54	0	1	-
S5	PVAd2	3	2	4,8	4,3	-0,5	12,00	0,7	0,5	0,02	0,02	0,3	3,2	1,2	4,4	28	19	0	7
S5	PVAd2	3	3	4,5	4,1	-0,4	8,80	0,2	0,2	0,01	0,02	0,7	3,3	0,4	3,7	12	62	1	4
S6	PAdx1	1	1	5,1	4,5	-0,6	21,42	2,6	1,1	0,09	0,04	0,1	4,73	3,83	8,56	45	3	0	2
S6	PAdx1	1	2	5,1	4,4	-0,7	9,93	0,7	0,6	0,04	0,03	0,2	2,75	1,37	4,12	33	13	1	2
S6	PAdx1	1	3	4,9	4,2	-0,7	7,66	0,2	0,5	0,02	0,02	0,3	2,42	0,74	3,16	23	29	1	1
S6	PAdx1	2	1	5,2	4,6	-0,6	21,83	2,3	1	0,09	0,04	0,1	4,51	3,43	7,94	43	3	1	2
S6	PAdx1	2	2	5,7	4,4	-1,3	10,14	0,7	0,6	0,04	0,03	0,2	2,97	1,37	4,34	32	13	1	2
S6	PAdx1	2	3	5,3	4,3	-1	7,97	0,4	0,5	0,03	0,02	0,2	1,76	0,95	2,71	35	17	1	1
S6	PAdx1	3	1	5,3	4,4	-0,9	20,38	2,3	1	0,08	0,04	0,1	4,51	3,42	7,93	43	3	1	2
S6	PAdx1	3	2	5,4	4,4	-1	9,73	0,8	0,5	0,04	0,03	0,2	2,42	1,37	3,79	36	13	1	2
S6	PAdx1	3	3	5,3	4,3	-1	6,73	0,3	0,5	0,03	0,2	0,3	2,09	1,03	3,12	33	23	6	1
S7	PAdx2	1	1	5,1	4,2	-0,9	16,97	1,7	0,6	0,06	0,04	0,2	4,07	6,67	10,74	62	3	0	1
S7	PAdx2	1	2	5,2	4,3	-0,9	12,73	0,8	0,3	0,03	0,03	0,3	2,86	4,32	7,18	60	6	0	1
S7	PAdx2	1	3	5,2	4,3	-0,9	3,52	0,6	0,3	0,02	0,02	0,3	2,31	3,55	5,86	61	8	0	1
S7	PAdx2	2	1	5,1	4,2	-0,9	20,9	1,7	0,6	0,07	0,04	0,2	4,07	6,68	10,75	62	3	0	1
S7	PAdx2	2	2	5,2	4,3	-0,9	10,35	0,8	0,3	0,03	0,02	0,3	2,75	4,2	6,95	60	7	0	1
S7	PAdx2	2	3	5,2	4,3	-0,9	7,24	0,6	0,3	0,02	0,02	0,3	2,2	3,44	5,64	61	8	0	1



## Continuação

Sítio	Solo	Rep.	Camada	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	D pH	MO g kg <sup>-1</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	K cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Na cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Al cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	SB cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	CTC cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Sat. bases V%	Saturaçã o Al%	Saturaçã o Na%	P assim. mg/kg
S7	PAdx2	3	1	5,2	4,2	-1	22,25	1,8	0,6	0,06	0,04	0,2	4,29	6,99	11,28	62	3	0	1
S7	PAdx2	3	2	5,2	4,3	-0,9	12,11	0,8	0,3	0,03	0,02	0,2	2,86	4,21	7,07	60	5	0	1
S7	PAdx2	3	3	5,1	4,3	-0,8	7,45	0,5	0,3	0,02	0,02	0,3	2,2	3,34	5,54	60	8	0	1
S8	PVAd3	1	1	5,2	4,4	-0,8	24,83	3,7	0,8	0,06	0,05	0,1	4,95	9,66	14,61	66	1	0	1
S8	PVAd3	1	2	4,9	4,1	-0,8	6,11	0,6	0,2	0,02	0,02	0,3	2,31	3,45	5,76	60	8	0	2
S8	PVAd3	1	3	4,7	4,1	-0,6	4,14	0,2	0,2	0,02	0,02	0,5	2,31	3,25	5,56	58	13	0	1
S8	PVAd3	2	1	5,1	4,4	-0,7	23,59	3,5	0,8	0,06	0,07	0,1	4,84	9,37	14,21	66	1	0	2
S8	PVAd3	2	2	4,8	4,1	-0,7	6,42	0,6	0,3	0,02	0,02	0,3	2,42	3,66	6,08	60	8	0	1
S8	PVAd3	2	3	4,7	4,1	-0,6	4,14	0,3	0,2	0,02	0,02	0,5	2,42	3,46	5,88	59	13	0	1
S8	PVAd3	3	1	5	4,4	-0,6	17,9	3,2	0,8	0,06	0,06	0,1	4,51	8,73	13,24	66	1	0	2
S8	PVAd3	3	2	4,9	4,1	-0,8	6,73	0,6	0,2	0,02	0,02	0,2	2,31	3,35	5,66	59	6	0	2
S8	PVAd3	3	3	4,8	4,1	-0,7	3,41	0,3	0,2	0,02	0,02	0,5	2,53	3,57	6,1	59	12	0	1

H<sub>2</sub>O: água;  
 KCl: cloreto de potássio;  
 MO: matéria orgânica total;  
 C org: carbono orgânico;  
 P: fósforo assimilável;  
 Ca: cálcio trocável;  
 Mg: magnésio trocável;  
 K: potássio trocável;  
 Na: sódio trocável;  
 SB: soma de bases trocáveis;  
 Al: acidez trocável;  
 H+Al: acidez potencial;  
 CTC: capacidade de troca catiônica;  
 V%: saturação por bases trocáveis;  
 Al%: saturação por alumínio;  
 Na%: saturação por sódio.

