

Qualidade de sítios florestais cultivados em Argissolos nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte da Bahia⁽¹⁾.

Marcelo Carvalho de Miranda⁽²⁾; Oldair Del'Arco Vinhas Costa⁽³⁾; Luciano da Silva Souza⁽³⁾; Júlio César Lima Neves⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de Flora Nativa Projetos Ltda. e Cia de Ferro Ligas da Bahia Ferbasa;

⁽²⁾ Engenheiro florestal da Flora Nativa Projetos Ltda., Cruz das Almas, Bahia. marcelo@sisflora.com.br;

⁽³⁾ Professor do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB);

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, julio_n2003@yahoo.com.br.

RESUMO: O desenvolvimento da atividade florestal sugere a hipótese de ter havido degradação da qualidade dos solos cultivados com eucalipto há longos períodos. O objetivo desse estudo foi avaliar a sustentabilidade da produção comparando-se sítios cultivados com sítios naturais, pelo método do IQS de Karlen & Stott (1994). Para isso foram selecionados cinco sítios cultivados com eucalipto (Re) e três com vegetação natural primária do tipo floresta (Fn). As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, para analisar atributos físicos, químicos e morfológicos. Utilizou-se uma estrutura para avaliação de qualidade dos solos (EAQS), composta pela meta de produção de biomassa florestal, pelas funções do solo: 1) receber, armazenar e suprir água; 2) armazenar, suprir e reciclar nutrientes; e 3) suportar o desenvolvimento e crescimento da planta e pelo conjunto mínimo de dados (MDS). Os resultados evidenciaram que houve diferença significativa no IQS entre os sítios cultivados com eucalipto há 35 anos e os sítios com floresta natural, confirmando-se a hipótese de degradação pelo manejo utilizado.

Termos de indexação: sustentabilidade ambiental, reflorestamento, qualidade do solo.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade da capacidade de produção de sítios florestais ao longo do tempo necessita de monitoramento (Barros & Comerford, 2002; Menezes, 2005). 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 conservação de um ecossistema. A qualidade do solo (QS) foi definida por Larson & Pierce (1991) como a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites dos ecossistemas e com os ambientes externos ao ecossistema (particularmente a qualidade do ar e da água). 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 & Stott, 1994;

Larson & Pierce, 1994). O método do índice de qualidade do solo (IQS), sugerido por Karlen & 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 de eucalipto com atributos do solo, pelo método solo-sítio, integrando-as mediante a classe taxonômica, 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 desenvolvimento da atividade florestal nos Tabuleiros Costeiros da Bahia sugere a hipótese de ter havido degradação da qualidade dos solos cultivados com eucalipto há longo períodos.

Assim o presente estudo teve o objetivo de avaliar a sustentabilidade da produção em sítios cultivados com eucalipto em área de Tabuleiros Costeiros no Litoral Norte da Bahia, bem como os impactos do manejo florestal sobre a qualidade desses sítios.

MATERIAL E MÉTODOS

A área desse estudo se localiza no Município de Entre Rios, região do Litoral Norte da Bahia. Nesta região predomina o clima B1rA'a' (úmido), com pluviosidade média anual de 1.238 mm, pela classificação de Thornthwaite & Mather, assim como predominam a litoestatigrafia da Formação Barreiras do Período Terciário e o solo Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. O cultivo do eucalipto tinha sido implantado há 35 anos, numa área, originalmente, coberta com floresta natural.

Tratamentos e amostragens

Os tratamentos corresponderam aos sítios florestais que foram selecionados pelas diferenças entre os solos e pelos usos da terra, reflorestamento com eucalipto (Re) e vegetação natural primária do tipo floresta (Fn). Os solos foram caracterizados pela descrição morfológica de perfis e classificados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

(SiBCS), conforme Embrapa (2006). Em cada sítio foram alocadas três parcelas (repetições), correspondentes ao inventário florestal contínuo, onde se coletaram amostras nas camadas de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m.

Foram analisados atributos físicos, químicos e morfológicos do solo para a seleção de indicadores da QS.

Estrutura para avaliação da qualidade do solo

A estrutura para avaliação da qualidade do solo (EAQS) foi composta pela meta do manejo, qual seja produzir biomassa para suprimento industrial siderúrgico de carvão vegetal, pelas funções do solo: 1) receber, armazenar e suprir água; 2) armazenar, suprir e reciclar nutrientes; e 3) suportar o desenvolvimento e crescimento da planta, conforme diferentes autores (Karlen & Stott, 1994; Karlen et al., 2003; Chaer, 2001; Andrews et al., 2004; Menezes, 2005; Souza, 2005) e pelo conjunto mínimo de dados (MDS). A preparação do MDS seguiu três etapas (Karlen & Stott, 1994): seleção de indicadores, transformação dos indicadores na pontuação padronizada e cálculo do índice de qualidade do solo (IQS).

Selecionou-se um indicador, dentre os atributos do solo, que melhor representava cada função do solo (Andrews et al., 2004) e, preferencialmente, se correlacionava significativamente com a capacidade produtiva dos sítios, índice de sítio (SI) e incremento médio anual (IMA). Em seguida, se correlacionou este indicador com todos os demais atributos, selecionando-se aqueles que apresentaram coeficiente (R) significativo ao nível de 5%.

O peso do indicador (W_i) foi proporcional aos valores de R em cada função e para o indicador representativo da função o valor foi igual a um. O peso da função (W_f) foi estabelecido pela sua relevância com a meta do manejo, totalizando valor igual a um.

A pontuação padronizada do indicador (PP_i) correspondeu ao valor observado de cada indicador, transformado em valor de 0 a 1, utilizando-se curvas de pontuação padronizada não lineares (Andrews et al., 2004; Karlen & Stott, 1994). Essas curvas refletiram o comportamento do indicador em relação à função do solo resultando em diferentes formas (Figura 1). A pontuação padronizada do indicador com os pesos (PP_w) foi calculada pela equação (1). A multiplicação pelo número 10 foi sugerido por Andrews et al. (2004) para facilitar a compreensão dos resultados pelos usuários potenciais. O valor de PP_w na camada geral foi a média ponderada pela profundidade dos valores de PP_w nas camadas específicas, conforme equação (2). O cálculo da pontuação padronizada da função PP_f foi realizado pela equação (3). O valor de n foi o número de parcelas.

Índice de qualidade do solo

O cálculo do IQS para cada sítio foi realizado pela equação (4).

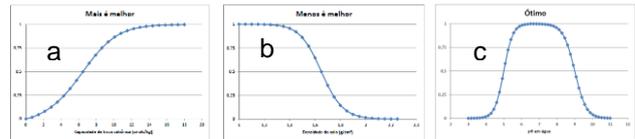


Figura 1 – Tipos de curvas para a transformação do indicador do solo na pontuação padronizada: a) mais-é-melhor; b) menos-é-melhor e c) ótimo.

$$PP_w = \frac{\sum (PP_i \times W_i \times W_f \times 10)}{n} \quad (1)$$

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

$$PP_f = \frac{(\sum PP_w)}{n} \quad (3)$$

$$IQS = \frac{(\sum PP_f)}{n} \quad (4)$$

Análise estatística

A comparação entre as médias das PP_f das funções do solo, do IQS dos sítios e do IQS dos usos da terra foi realizada pelo Teste de Fisher ou teste de diferença mínima significativa (LSD) a 10% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os solos dos sítios estudados pertencem à classe dos Argissolos (Tabela 1) de acordo com o SiBCS (Embrapa, 2006).

Tabela 1 – Sítios identificados pelos usos da terra e classes de solos

Sítio	Uso	Solo
S1	Re	PAdx ab. aren./méd. A mod. b.dr. SO pl.
S2	Re	PAdx ab. aren./méd. A mod. m.dr. D pl.
S3	Re	PVd ab. aren./méd. A mod. D pl.
S4	Re	PVAd ab. aren./méd. A mod. fc. D pl.
S5	Re	PVAd ab. aren./arg. A mod. fc. D pl.
S6	Fn	PAdx ab. aren./méd. A mod. b.dr. SO, pl.
S7	Fn	PAdx ab. aren./méd. A mod. m.dr. D pl.
S8	Fn	PVAd ar. aren./méd. A mod. D pl.

A mod.: A moderado; A: AMARELO; ab.: abruptico; ar.: arênico; aren./arg.: textura arenosa/argilosa; aren./méd.: textura arenosa/média; b.dr.: bem drenado; D: fase Floresta Ombrófila Densa; d: Distrófico; dx: Distrocoeso; fc.: fortemente coeso; Fn: Floresta natural; m.dr.: moderadamente drenado; Re: reflorestamento com eucalipto; P: ARGISSOLO; pl.: relevo plano; SO: fase Contato Savana/Floresta Ombrófila; V: VERMELHO; VA: VERMELHO-AMARELO.

Na tabela 2 se observa que para a função 1 foi selecionado o indicador U_g 0,01 MPa, porque representa a importante capacidade máxima de armazenamento de água no solo; para a função 2, MO e CTC porque representam bem a disponibilidade de nutrientes e a capacidade do solo para retenção de cátions básicos; e para a função 3, R_p 0,1 MPa porque é o atributo físico de maior

relevância para o desenvolvimento das raízes e para o ciclo da água nos solos estudados.

Tabela 2–Funções do solo com os indicadores da qualidade e seus pesos respectivos para compor o conjunto mínimo de dados (MDS)

Função	W_f	Indicador	W_i
(1) Receber, armazenar e suprir água	0,40	Ug 0,01 MPa	0,36
		Argila	0,03
		Microporos	0,27
		Estrutura	0,08
		Consistência úmido	0,06
		MO	0,09
		CTC	0,11
<i>Soma função 1</i>			1,00
(2) Armazenar, suprir e reciclar nutrientes	0,30	MO	0,22
		CTC	0,22
		Cálcio trocável	0,11
		Magnésio trocável	0,04
		Potássio trocável	0,08
		Acidez trocável	0,13
		SB	0,14
		V%	0,06
<i>Soma função 2</i>			1,00
(3) Suportar o desenvolvimento e crescimento da planta	0,30	Rp 0,1 MPa	0,38
		Argila	0,14
		Macroporos	0,16
		ÍV	0,04
		Estrutura	0,05
		Consistência úmido	0,10
MO	0,12		
<i>Soma função 3</i>			1,00
<i>Soma Funções</i>	1,00		

W_i : peso do indicador; W_f : peso da função.

Na **tabela 3** se verifica que houve diferença significativa no IQS entre as médias dos usos da terra, com valores superiores para Fn, nas camadas específicas e geral, exceto na camada 3, confirmando-se a degradação dos sítios de Re em comparação com Fn pelo manejo ao longo do tempo. Melo Filho et al. (2007) encontraram IQS de 4,62 para Latossolo Amarelo coeso sob Floresta Ombrófila Densa, em tabuleiro de Cruz das Almas, Bahia. Comparando-se com IQS do sítio S7 na camada geral, se confirma que as condições naturais dos solos de tabuleiro, tanto os Argissolos quanto os Latossolos, ambos pedogeneticamente muito próximos, são de baixa qualidade natural. O IQS dos sítios S7 e S5 superaram os demais, principalmente pelos valores da função 1), indicando associação de maior retenção de umidade, respectivamente, com os solos PAdx moderadamente drenado e PVAd com textura arenosa/argilosa.

Esperava-se que os sítios com uso de Re apresentassem uma condição igual ou melhor, do que com uso de Fn, na função 2), mas isso não se confirmou. 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 et al., 2012; Silva et al., 2009). Em relação à função 3, todos os sítios de um modo geral apresentaram valores de IQS semelhantes e baixos, confirmando a influência de Rp nos solos de tabuleiro. Este indicador é o melhor para identificar-se a presença de horizontes coesos, de acordo com Santana et al. (2006). Em estudos sobre Latossolo Amarelo típico de Tabuleiro Costeiro na Bahia, os referidos autores indicaram que a Rp passa a manifestar-se conforme vai se reduzindo a umidade do solo, agravando-se a partir da tensão de 0,1 MPa, aproximando-se do valor crítico de Rp de 2 MPa.

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

CONCLUSÕES

Houve degradação da qualidade dos solos cultivados com eucalipto ao longo do período de 35 anos, confirmando a hipótese desse estudo.

O IQS pode indicar a sustentabilidade do manejo do solo para o cultivo de eucalipto em Argissolos de tabuleiro no Litoral Norte da Bahia.

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; CAMBARDELLA, C. A. The soil management assesment framework: Soil quality evaluation method. Soil Sci. Soc. Am. J, 68:1945-1962, 2004.
- 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.
- 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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa

Solos; Brasília, Sistema de Produção de Informação, 1997. 212 p.

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

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., 43:417-428, 2012.

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. 244 p. (SSSA special publication n. 35).

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

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In: EVALUATION FOR SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT IN DEVELOPING WORLD, 12., Bangkok, 1991. Proc. Bangkok: IBSRAM: 1991.

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: Soil

Science Society of America, 1994. (SSSA special publication, 35).

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, 31:1599-1608, 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.

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

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, 30:1-12, 2006.

SILVA, L. G. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. Pesq. agropec. bras., 44:613-620, 2009.

SOUZA, A. L. V. Avaliação da qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. 95f. UFBA. Cruz das Almas, BA. 2005. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia.

Tabela 3 – Resultados da pontuação padronizada das funções do solo (PP_f) e do IQS por usos da terra e por sítios

PP_f da função e IQS	Usos da terra Sítios e solos							
	S1 (PAdx)	S2 (PAdx)	Re			Fn		
			S3 (PVd)	S4 (PVAd)	S5 (PVAd)	S6 (PAdx1)	S7 (PAdx)	S8 (PVAd)
	Camada 1 com profundidade de 0–0,1 m							
PP_f da função 1	0,4658c	1,6701b	0,4325c	0,4448c	1,0393bc	1,0644bc	2,6342a	1,3193b
PP_f da função 2	1,1678d	1,7303c	0,9533d	1,0402d	1,7625bc	2,1705abc	2,2261ab	2,3819a
PP_f da função 3	1,2766bc	1,3383bc	1,2908bc	1,2062c	1,6551a	1,3513bc	1,4658ab	1,3772bc
IQS do sítio	2,9103c	4,7387b	2,6766c	2,6911c	4,4568b	4,5861b	6,3261a	5,0784b
IQS do uso	3,495b						5,330a	
	Camada 2 com profundidade de 0,1–0,2 m							
PP_f da função 1	0,3709c	1,4408b	0,1985c	0,2722c	1,1683b	0,8993bc	2,5750a	0,8270bc
PP_f da função 2	0,6061cd	0,8025c	0,5343d	0,5415d	1,1391b	1,0168b	1,6971a	1,1888b
PP_f da função 3	1,2577d	1,5118bc	1,1178d	1,1211d	1,7963a	1,4678c	1,5910b	1,1446d
IQS do sítio	2,2347d	3,7551bc	1,8507d	1,9348d	4,1037b	3,3840bc	5,8632a	3,1604c
IQS do uso	2,776b						4,136a	
	Camada 3 com profundidade de 0,2–0,4 m							
PP_f da função 1	1,1551de	1,2221d	0,4834f	1,8562bc	2,2183b	1,4706cd	2,8088a	0,7563ef
PP_f da função 2	0,6849c	0,7649c	0,5601c	0,6926c	1,0386b	1,1106b	1,5405a	1,2124b
PP_f da função 3	1,0671bc	1,1162abc	1,0476c	0,9841cd	1,3142ab	1,1932abc	1,3459a	0,7924d
IQS do sítio	2,9071de	3,1033cde	2,0910f	3,5329cd	4,5712b	3,7745c	5,6953a	2,7611ef
IQS do uso	3,241a						4,077a	
	Camada geral com profundidade de 0–0,4 m							
PP_f da função 1	0,7868de	1,3888bc	0,39943e	1,1074cd	1,6611b	1,2263bcd	2,7067a	0,9147d
PP_f da função 2	0,7859ef	1,0157de	0,6519f	0,7417f	1,2447cd	1,3521bc	1,7510a	1,4989b
PP_f da função 3	1,1672cd	1,2706bc	1,1259de	1,0739de	1,5200a	1,3014b	1,4372a	1,0267e
IQS do sítio	2,7398ef	3,6751c	2,1773f	2,9229de	4,4257b	3,8798bc	5,8950a	3,4403cd
IQS do uso	3,188b						4,405a	

IQS: índice de qualidade do solo; Fn: vegetação natural primária do tipo floresta; PP_f : pontuação padronizada da função; Re: reflorestamento com eucalipto.

Estatística: letras minúsculas para a comparação de médias na linha, pelo Teste de Fisher (LSD) ao nível de 10% de significância.