



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO FIXADO EM SISTEMA DE CULTIVO DA
CANA-DE-AÇÚCAR EM ALEIAS.**

MARCO ROGERIO GOMES DA SILVA

Araras

2012



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO SEQUESTRADO EM SISTEMA DE
CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM ALEIAS.**

MARCO ROGERIO GOMES DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ANTÔNIO CORREIA MARGARIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras

2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S586qc

Silva, Marco Rogerio Gomes da.

Quantificação de carbono sequestrado em sistema de cultivo da cana-de-açúcar em aleias / Marco Rogerio Gomes da Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2012.
79 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Agroecologia. 2. Aleias. 3. Carbono - fixação. 4. Cana-de-açúcar. 5. Sustentabilidade. 6. Bens e serviços ambientais. I. Título.

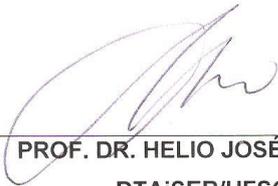
CDD: 630 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE
MARCO ROGÉRIO GOMES DA SILVA
APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL, DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SÃO CARLOS, *EM 28 DE JUNHO DE 2012.*

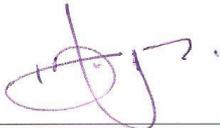
BANCA EXAMINADORA:



PROF. DR. LUIZ ANTÔNIO CORREIA MARGARIDO
ORIENTADOR
PPGADR/UFSCar



PROF. DR. HELIO JOSÉ CASTILHO
DTAiSER/UFSCar



DR. DIRCEU DE MATTOS JUNIOR
CENTRO DE CITRICULTURA/ CORDEIRÓPOLIS-SP

Dedico este trabalho aos meus pais,

Lazaro Gomes da Silva e Margarete de Lourdes Neto da Silva, aos meus avós Pedro e Maria Gomes da Silva (*in memória*), João Aparecido Neto (*in memória*) e a delicada e paciente vovó Helena Boteon Neto (*in memória*) que me ensinou os valores do campo.

AGRADECIMENTOS

A minha companheira Bruna Rafaella, pela compreensão dos momentos não partilhados, dos passeios não realizados e das poucas conversas.

Aos meus pais, pelo amor que me dedicaram e pela compreensão que tiveram quando precisei me ausentar, porém, sem deixar, um só segundo de tê-los no meu coração.

Aos meus sócios da empresa TEGA Ambiental, Fabio, Neto, Jeferson e Mario, no qual me auxiliaram em motivações em desenvolver este trabalho.

Aos amigos e companheiros de trabalho, Luiz Carlos e Nivaldo no qual auxiliaram na administração do tempo em realizar as disciplinas deste curso.

Ao Prof^o. Dr. Luiz Antônio Correia Margarido, que se dispôs a me orientar, pela confiança e respeito a minha construção intelectual. Sua postura possibilitou o meu crescimento como pessoa e como intelectual comprometido com as questões ambientais.

Ao professor Dr. Hélio José Castilho, pelas observações críticas e sugestões feitas por ocasião do exame de qualificação. Agradeço ainda, sua atenção e contribuição quanto ao referencial teórico, incentivando a reflexão concretizada nesta tese.

Ao Dr. Dirceu de Mattos Junior, pela revisão cuidadosa do texto final.

Aos professores Rubismar Stolf, Marcelo Nivert Schlindwein, Rodolfo Antonio de Figueiredo, Fátima C. M. Pina-Rodrigues, Paulo Roberto Beskow e Manoel Baltasar Baptista da Costa, pelos ensinamentos em classe e extraclasse e pelo exemplo profissional.

Aos colegas da minha turma, pelo incentivo nos desafios e parceria em tantos momentos de construção conjunta de conhecimento.

Aos amigos Ricardo Coelho e João Paulo Apolari, por terem ajudados em coletar os dados da pesquisa, no anseio de vê-la revertida em produto para o trabalho por eles desenvolvido.

Ao PPGADR: Ao seu coordenador Profº Rodolfo Antônio de Figueiredo e ao vice-coordenador Luiz Antonio Cabello Norder pelo atendimento respeitoso no desempenho de suas atividades. À secretaria, representadas na pessoa sempre disponíveis de Claudia.

Aos demais aqui não nomeados diretamente. Com certeza há muitas pessoas ou estruturas que não estão sendo lembradas, apesar de terem apoiado e direta ou indiretamente contribuído para a realização deste estudo. A esses, também o meu reconhecimento.

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 A cana-de-açúcar	5
2.1.1 Impactos ambientais causados pela cultura da cana-de-açúcar	6
2.2 Ciclo do Carbono	8
2.2.1 Fixação de Carbono	10
2.3 Zoneamento Agroambiental da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo	11
2.3.1 Inventário de Carbono no Estado de São Paulo	13
2.4 Plantio em aleias	15
2.5 A importância de espécies nativas	17
2.5.1 Cedro	17
2.5.2 Guapuruvú	19
2.5.3 Ipê amarelo	19
3 Objetivos	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Instalação do experimento	23
4.2 Monitoramento das aleias	25
4.3 Monitoramento da cana-de-açúcar	27
4.3.1 Modelo teórico	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Desenvolvimento das árvores	30
5.2 Desenvolvimento do canavial	36
5.2.1 Efeito das aléias na produtividade de cana-de-açúcar	41
5.2.1.1 Faixa 30 m.	41
5.2.1.2 Faixa 45 m.	42

5.2.1.3 Faixa 60 m.	43
5.3 Volume de madeira	44
5.4 Fixação do Carbono.....	65
6. CONCLUSÕES	73
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

ÍNDICE DE TABELAS

Página

TABELA 01. Quantidade de plantas/ha nas diferentes faixas de plantio.	23
TABELA 02. Altura média das árvores (m) na aleia A.	32
TABELA 03. Altura média das árvores (m) na aleia B.	32
TABELA 04. Altura média das árvores (m) na aleia C.	34
TABELA 05. Altura média das árvores (m) na aleia D.	35
TABELA 06. Relação da mortalidade de mudas* na 23ª medição (10/10)	36
TABELA 07. Produtividade média de cana-de-açúcar em ton/ha nas diferentes faixas.	36
TABELA 08. Análise da relação produtividade de cana-de-açúcar em ton/ha nas diferentes linhas de plantio de cana-de-açúcar na faixa (30 m) em relação as espécie arbóreas.	41
TABELA 09. Análise da relação produtividade de cana-de-açúcar em ton/ha nas diferentes linhas de plantio de cana-de-açúcar na faixa (45 m) em relação as espécie arbóreas.	42
TABELA 10. Análise da relação produtividade de cana-de-açúcar em ton/ha nas diferentes linhas de plantio de cana-de-açúcar na faixa (60 m) em relação as espécie estudadas.	43
TABELA 11. Medições médias do diâmetro da base das árvores (m) na aleia A.	45
TABELA 12. Medições médias do diâmetro da base das árvores (m) na aleia B.	46
TABELA 13. Medições médias do diâmetro da base das árvores (m) na aleia C.	47
TABELA 14. Medições médias do diâmetro da base das árvores (m) na aleia A.	48
TABELA 15. Medições médias do diâmetro no 1º galho das árvores (m) na aleia A.	50

TABELA 16. Medições médias do diâmetro no 1º galho das árvores (m) na aleia B.....	51
TABELA 17. Medições médias do diâmetro no 1º galho das árvores (m) na aleia C.....	52
TABELA 18. Medições médias do diâmetro no 1º galho das árvores (m) na aleia D.....	53
TABELA 19. Medições médias da altura até o 1º galho das árvores na aleia A.....	55
TABELA 20. Medições médias da altura até o 1º galho das árvores na aleia B.....	56
TABELA 21. Medições médias da altura até o 1º galho das árvores na aleia C.....	57
TABELA 22. Medições médias da altura até o 1º galho das árvores na aleia D.....	58
TABELA 23. Medições médias do volume obtido de madeira em m ³ das árvores na aleia A.....	60
TABELA 24. Medições médias do volume obtido de madeira em m ³ das árvores na aleia B.....	61
TABELA 25. Medições médias do volume obtido de madeira em m ³ das árvores na aleia C.....	62
TABELA 26. Medições médias do volume obtido de madeira em m ³ das árvores na aleia D.....	63
TABELA 27. Volume de madeira na fuste em m ³ / planta nas diferentes faixas na 24ª medição.....	64
TABELA 28. Volume de madeira na fuste em m ³ por ha nas diferentes faixas na 24ª medição.....	64
TABELA 29. Medições médias da fixação de Carbono (g) nas árvores da aleia A.....	68
TABELA 30. Medições médias da fixação de Carbono (g) nas árvores da aleia B.....	69
TABELA 31. Medições médias da fixação de Carbono (g) nas árvores da aleia C.....	70

TABELA 32. Medições médias da fixação de Carbono (g) nas árvores da aleia D.....	71
TABELA 33. Fixação de carbono na fuste em g/planta nas diferentes faixas na 24 ^a medição.	72
TABELA 34. Fixação de carbono em kg/ha nas diferentes faixas na 24 ^a medição.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 01. Mapa de zoneamento de aptidões agroambiental do Estado de São Paulo.....	12
Figura 02. Croqui da área experimental.	24
Figura 03. Disposição do canavial entre as aleias de árvores nativas.	25
Figura 04: Crescimento em altura das árvores na aleia A.....	32
Figura 05: Crescimento em altura das árvores na aleia B.....	32
Figura 06. Crescimento em altura das árvores na aleia C.....	34
Figura 07. Crescimento em altura das árvores na aleia D.....	35
Figura 08: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Ipê (20 linhas).....	37
Figura 09: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Cedro (20 linhas).....	37
Figura 10: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Guapuruvú (20 linhas).....	38
Figura 11: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Ipê (30 linhas).....	38
Figura 12: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Cedro (30 linhas).....	39
Figura 13: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Guapuruvú (30 linhas).....	39
Figura 14: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Ipê (40 linhas).....	40
Figura 15: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Cedro (40 linhas).....	40
Figura 16: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Guapuruvú (40 linhas).....	41
Figura 17: Crescimento do diâmetro da base das árvores na aleia A	45

Figura 18: Crescimento do diâmetro da base das árvores na aleia B.	46
Figura 19: Crescimento do diâmetro da base das árvores na aleia C.	47
Figura 20: Crescimento do diâmetro da base das árvores na aleia D.	48
Figura 21: Crescimento do diâmetro no 1º galho das árvores na aleia A.	50
Figura 22: Crescimento do diâmetro no 1º galho das árvores na aleia B.	51
Figura 23: Crescimento do diâmetro no 1º galho das árvores na aleia C.	52
Figura 24: Crescimento do diâmetro no 1º galho das árvores na aleia D.	53
Figura 25: Crescimento da altura até o 1º galho das árvores na aleia A.	55
Figura 26: Crescimento da altura até o 1º galho das árvores na aleia B.	56
Figura 27: Crescimento da altura até o 1º galho das árvores na aleia C.	57
Figura 28: Crescimento da altura até o 1º galho das árvores na aleia D.	58
Figura 29: Volume obtido de madeira em m ³ das árvores na aleia A.	60
Figura 30: Volume obtido de madeira em m ³ das árvores na aleia B.	61
Figura 31: Volume obtido de madeira em m ³ das árvores na aleia C.	62
Figura 32: Volume obtido de madeira em m ³ das árvores na aleia D.	63
Figura 33: Guapuruvú no início do plantio da cana-de-açúcar.	65
Figura 34: Guapuruvú após o primeiro corte da cana.	66
Figura 35: Fixação de Carbono em gramas nas árvores da aleia A.	68
Figura 36: Fixação de Carbono em gramas nas árvores da aleia B.	69
Figura 37: Fixação de Carbono em gramas nas árvores da aleia C.	70
Figura 38: Fixação de Carbono em gramas nas árvores da aleia D.	71

QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO SEQUESTRADO EM SISTEMA DE CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM ALEIAS.

Autor: MARCO ROGERIO GOMES DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. LUIZ ANTÔNIO CORREIA MARGARIDO

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar o sistema de aleias, plantio de árvores em linhas associado a uma cultura agrícola, neste caso a canavieira, com três espécies de plantas de característica madeireiras, adubadeira e fixadora, realizando a ciclagem de nutrientes, diminuindo os efeitos da monocultura, apresentando ganhos ecológicos e ambientais. Essa técnica poderá possibilitar o aumento de renda por hectare, através da fixação de carbono ao longo do período de crescimento destas árvores, além da venda da produção de madeiras, desde que averbada legalmente e promover a sustentabilidade ambiental da cultura canavieira. Os parâmetros físicos utilizados para avaliação foram as medidas mensais nos primeiros dois anos do experimento implantado, dos diâmetros de base e de primeiro galho mais a altura do fuste de cada árvore, para assim obter o volume de cada planta, para quantificar o carbono fixado através de método não destrutivo. Os resultados demonstraram que o guapuruvú apresentou uma captura média de 685 g/planta de carbono, representando 1,8 vez mais que o cedro (381 g/planta) e 4,75 vezes mais que o ipê (144 g/planta) no mesmo período. O guapuruvú também apresentou um rendimento superior em relação ao cedro e ipê amarelo, no crescimento das árvores neste período de avaliação. As espécies arbóreas não afetaram a produção da cultura da cana-de-açúcar nas faixas 30 e 45 m de cultivo, sendo que apenas em 60 m foi possível detectar interferência.

MEASUREMENT OF CARBON SEQUESTRATION FARMING SYSTEM OF CANE SUGAR IN ALLEYS.

Author: MARCO ROGERIO GOMES DA SILVA

Adviser: Prof. Dr. LUIZ ANTÔNIO CORREIA MARGARIDO

ABSTRACT

The present work aims to analyze the system of alleys, planting trees in rows associated with a commercial crop, in this case sugar cane, with three species of plants with timber characteristic, fertilize and fixative, making nutrient cycling, reducing the monoculture effects, with ecological and environmental gains. This technique will allow the increase of profits per hectare by fixing carbon during the growth period of these trees, besides the sale of wood production and promote the environmental sustainability of sugar cane. The physical parameters used to evaluate were monthly measurements during the first 2 years of experiment established, base diameter and the first branch plus the height of the stem of each plant, to thereby obtain the volume of each plant, to quantify the fixed carbon by non-destructive method. The results showed that the Guapuruvu capture media 685 g / plant of carbon, representing more 1.8 times than Cedar (381 g / plant) and 4.75 times more than Ipê (144 g / plant) in the same period. The Guapuruvu showed a yield higher than the Cedar and Ipe Yellow, both in tree growth and carbon fixation in evaluate period. The Arboreal species did not affect the development of the culture of sugar cane in the bands 30 and 45 meters of cultivation, only in 60 meters there was interference.

1 INTRODUÇÃO

A cultura canavieira está presente no Brasil desde sua colonização, quando as primeiras mudas foram trazidas pelos portugueses, inicialmente introduzida no litoral e se expandiu posteriormente por várias regiões do território nacional. Atualmente o rápido crescimento da produção canavieira no país está atrelada com o consumo elevado do etanol, através de novas tecnologias de aplicação, tais como a utilização em substituição a hidrocarbonetos de origem mineral e no uso como combustível automotivo. A boa cotação de preço do açúcar e também a coogeração de energia fez a cultura canavieira avançar sobre novas fronteiras agrícolas, transformando as em um imenso tapete verde de monocultura. Apesar da eficiência energética da produção, a agroindústria canavieira como sistema produtivo ainda é insustentável ambientalmente.

A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2011/12 está estimada em 8.368,4 mil hectares, distribuídos em todos Estados produtores. O Estado de São Paulo é o maior produtor com 52,2% (4.370 mil hectares), seguido por Minas Gerais com 8,9% (742 mil hectares), Goiás com 8,1% (678 mil hectares), Paraná com 7,3% (611 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 5,7% (480 mil hectares), Alagoas com 5,5% (463 mil hectares), e Pernambuco com 3,9% (326 mil hectares). Nos demais Estados produtores as áreas são menores, mas, com bons índices de produtividade e com unidades de processamentos instaladas (CONAB, 2011).

A monocultura, seja da cana ou de outra cultura qualquer, tem como objetivo do aumento na produtividade agrícola e o aumento do rendimento operacional, mas tem como inconveniente a redução drástica da biodiversidade, tornando a paisagem homogênea e monótona. Isso acarreta a perda do equilíbrio natural dos ecossistemas, pois os “serviços ambientais” deixam de ocorrer, como por exemplo, a interação biótica entre as diferentes espécies, que pode proporcionar, entre diversos benefícios, o fornecimento de nutrientes e a proteção contra predadores.

Muito se fala a respeito das mudanças climáticas, que segundo Chang (2004), são processos naturais, considerados as escalas de tempo de milhares de anos de eras geológicas. No entanto a velocidade e intensidade com que estão ocorrendo mudanças no sistema climático da Terra, a partir da Revolução Industrial, é que tem sido objeto de preocupação de cientistas e líderes mundiais, principalmente nas duas últimas décadas. Esses fatos podem ser confirmados através dos relatórios do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change* ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas).

O fenômeno do Aquecimento Global, causado pelo acúmulo de gases do chamado efeito estufa, notadamente o CO₂, CH₄, NO₂, e outros, em uma camada ao redor do planeta, que impedem a volta da radiação dos raios infravermelhos ao espaço, aumentando assim o calor retido na atmosfera, já faz sentir seus efeitos (Arevalo et al., 2002).

Dados indicam que o Estado de São Paulo emitiu 145 milhões de toneladas de CO₂ equivalente na atmosfera referente até 2005 e precisará cortar suas emissões em 50% para cumprir a meta estabelecida pela Política Estadual de Mudanças Climáticas. A política foi ratificada pela Lei Estadual 13.798/2009. A meta é, até 2020, reduzir as emissões em 20% em relação a 2005. Isso significa chegar a 2020 emitindo 116 milhões de toneladas de CO₂ equivalente. De acordo com projeções, caso não haja mitigação de impactos, São Paulo chegará a 2020 com 238 milhões de toneladas de emissões, pouco mais do dobro da meta (CETESB, 2011).

O maior desafio tecnológico é mudar padrões na produção de energia e nos transportes. Ambos respondem por 57% das emissões em 2005, que poderá ser mitigado através de políticas de uso de fontes de origem vegetais e renováveis. O segundo setor que mais emite gases de efeito estufa é a agricultura, com 37% do total. A indústria responde por 10%, o tratamento de resíduos, por 7%, e mudanças no uso da terra e de florestas, por 1% (CETESB, 2011).

Destaca-se que a preocupação com a emissão de carbono é mundial, e se o Brasil deseja ser um exportador de combustíveis renováveis, não pode haver dúvidas sobre o resultado no balanço final da emissão de carbono na

produção destes combustíveis. Especialistas afirmam que a maneira mais eficiente de se diminuir o efeito estufa ainda é através do plantio de árvores, visto que essas fixam o carbono em sua biomassa por um período de tempo mais longo. Além disso, há muito tempo são conhecidas vantagens de se aliar o plantio de culturas com árvores (Farrell 1989), entre as quais se destacam o efeito nas condições microclimáticas (a movimentação do ar diminui); condições do solo (aumentos da matéria orgânica e conseqüentemente da CTC, além de aumentar a umidade no solo); e componentes biológicos associados (há uma ação benéfica tanto para as plantas cultivadas, insetos benéficos e organismos do solo), além das árvores serem importante fonte de matéria prima e conseqüentemente incremento de renda.

Em função dos argumentos citados, justifica-se o estudo do plantio de árvores associado à cultura da cana-de-açúcar. É lógico que para essa associação deve ser desenvolvido um sistema de plantio que não comprometa principalmente a mecanização da cultura nem tampouco a sua produtividade. Assim acredita-se que o plantio da cana-de-açúcar entre aleias é uma forma para combinar árvores e a cultura agrícola discutida neste trabalho. No sistema de aléias, são plantadas fileiras de árvores com uma distância pré-estabelecida e entre essas fileiras as culturas agrícolas são plantadas. Em solos em declive, as fileiras podem ser plantadas ao longo das curvas de nível, sem ocupar a área de cultivo agrícola. O cultivo em aleias também pode oferecer alguma proteção durante chuvas irregulares, pois as fileiras de árvores ajudam a reduzir o escoamento superficial e aumentar a infiltração da água no solo. O cultivo em aleias oferece nutrientes vegetais e melhora a estrutura do solo, além de funcionar como quebra-vento. A única questão a ser observada seria o impedimento da queima da palha, prática ainda realizada em algumas regiões, mas cuja proibição total já está prevista para os próximos anos no Estado de São Paulo.

As distâncias das aleias devem ser suficientemente grandes para não causar sombreamento na cultura da cana, (é conhecido que um excesso de sombra pode ser prejudicial), por isso deve ser corretamente determinada através de experimentos controlados. Para Read (1964) e Leal (1986)

distâncias entre as linhas de árvore e cultura de grãos a partir de 1,5 a 2 H, sendo H a altura das árvores, a produção agrícola é normal ou acima da média. Nesta mesma abordagem Durigan e Simões (1987) comentam que a presença das árvores provoca perdas nas linhas de cultivo próximos as aléias até 1 H e os efeitos benéficos se fazem sentir a partir de 2 H até 30 H.

A implantação de estratégias de desenvolvimento rural de formas sustentável, incorporando uma maior biodiversidade na produção de cana-de-açúcar, minimizando os impactos ambientais, sem interferir nos resultados agronômicos obtidos atualmente, pelo sistema convencional de produção desta cultura será importante para a conquista de oferecer um produto sustentável ao consumidor.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar ocupa hoje pouco mais de 2% de toda a terra agricultável do país, sendo atualmente, o Brasil maior produtor mundial, com um terço da produção mundial, seguido por Índia, Tailândia e Austrália. As regiões de cultivo são Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste, permitindo duas safras por ano, privilegiando que durante todo o ano o Brasil produza açúcar, etanol, energia e outros subprodutos, para os mercados interno e externo (Anuário da Cana, 2009).

A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida na safra 2011/12 e destinada à atividade sucroalcooleira está estimada em 8.368,4 mil hectares, distribuídos em todos Estados produtores. O Estado de São Paulo é o maior produtor com 52,2% (4.370 mil hectares), seguido por Minas Gerais com 8,9% (742,6 mil hectares), Goiás com 8,1% (678,4 mil hectares), Paraná com 7,3% (611,4 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 5,7% (480,8 mil hectares), Alagoas com 5,4% (463,6 mil hectares), e Pernambuco com 3,9% (326,1 mil hectares). Nos demais Estados produtores as áreas são menores, mas, com bons índices de produtividade, atendendo unidades processadoras locais (CONAB, 2011). A previsão do total de cana moída na safra 2011/12 é de 571.471 milhões de toneladas, Segundo dados da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA, 2012), a produção de etanol no país deve atingir 21,5 bilhões de litros e a produção de açúcar deve ficar em 33,1 milhões de toneladas.

Hoje a cana-de-açúcar brasileira conta com os menores custos de produção de açúcar e de álcool por tonelada de cana no mundo, o que tem contribuído muito para a sua competitividade no mercado. Essa competitividade é fruto da evolução da mecanização no campo, o domínio tecnológico de processamento e principalmente os investimentos em pesquisas.

Desde o início da nossa colonização até os dias atuais, a cana-de-açúcar vem se firmando como um dos principais pilares da nossa economia. Num primeiro momento, utilizando-se trabalho escravo e com pouca

mecanização, produzia-se açúcar, rapadura e aguardente, objetivando atender às demandas da colônia e dos mercados europeus. A partir do início da introdução da cultura da cana-de-açúcar no Brasil até o início do século XX ela ficou limitada a uma área muito abaixo do que temos atualmente; tendo oscilado seu crescimento, passando por momentos de glória e apogeu devido a vários fatores, mas sempre cultivada na faixa litorânea do país (Figueiredo, 2008).

Atualmente, utilizando-se mão de obra assalariada e alta tecnologia, a produção de açúcar, álcool, derivados e energia procuram atender tanto ao consumo interno quanto à exportação. Este novo momento das atividades canavieiras está voltado às demandas da sociedade no geral, sendo com a venda de energia elétrica às concessionárias onde as usinas estão instaladas, com a produção de etanol como combustível, açúcar para indústrias alimentícias e a cachaça, bebida reconhecida mundialmente como um produto tipicamente brasileiro. Ao contrário do que sempre ocorreu até o século passado, hoje o controle das unidades processadoras é conduzido por grandes empresários nacionais e também de grupos de investidores estrangeiros.

No Brasil, a cana-de-açúcar pode ser considerada uma das culturas mais intensas em tecnologia a pelo menos 30 anos. Devido aos altos custos oferecidos pelo controle químico de pragas e doenças, muito foi investido no desenvolvimento de controles alternativos, como o melhoramento genético, o controle biológico e o cultural, que tem o potencial de transformar a cana-de-açúcar em uma das atividades agrícolas com mais baixos índices mundiais de uso de defensivos e insumos químicos por hectare (Szmrecsányi, 1994).

2.1.1 Impactos ambientais causados pela cultura da cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar em sistema convencional é considerada uma das atividades responsáveis por desequilíbrios ecológicos no ambiente agrícola, principalmente nestes últimos 50 anos em nosso país. Até o início dos anos de 1980 a agricultura era praticamente desvinculada das questões ambientais. Assim as mudanças na agricultura e na estrutura fundiária impulsionada pelo Proálcool e pela abertura de novas fronteiras agrícolas,

trouxeram consequências ao ambiente, advindas do monocultivo e da exploração não sustentável dos recursos naturais, como água e solo. A situação de monocultura, aliada à ocupação de extensas áreas, gerou preocupações quanto à sustentabilidade desta atividade agrícola, sob o aspecto ambiental (Szmrecsányi, 1994).

A cultura da cana-de-açúcar sempre esteve ligada às questões políticas e econômicas sem dar muita importância às ambientais, a partir do momento que são visíveis os impactos negativos passam a estar mais fortemente ligada às questões ambientais. Devido ao seu crescimento não planejado, desde o a cultura em campo, invadindo áreas de preservação ambientais e a indústria de processamentos com os resíduos líquidos e sólidos gerados no processo (Rosseto, 2008).

O Zoneamento Agro Ecológico da cana-de-açúcar anunciado em 17 de setembro de 2009 pelo governo federal, Decreto nº 6961, proíbe o plantio de canaviais em determinadas áreas do país. O objetivo do decreto é limitar a expansão desenfreada de monoculturas em determinados espaços territoriais. Os biomas Amazônia e Pantanal estão incluídos nessa proibição. De acordo com o Zoneamento Agro Ecológico, as áreas proibitivas somadas a aquelas não indicadas para o plantio de cana-de-açúcar alcançam 92,5% do território brasileiro, restando 7,5% do território Nacional, o que eleva de 8 milhões para 64 milhões de hectares o estoque de terras aptas para o plantio de cana-de-açúcar (SIRAN, 2009).

O cultivo da cana-de-açúcar envolve várias externalidades, podendo ser obtido de um único plantio 5 a 7 colheitas, sendo que após cada ciclo deve se fazer altos investimentos para que a renovação do canavial proporcione boa produtividade da colheita seguinte. Dentre esses investimentos, encontra-se o custo com insumos químicos para o controle de insetos e ervas daninha, os quais provocam sérios prejuízos à cultura. Para o controle desses organismos, nos dias de hoje, emprega-se o uso de inseticidas para os insetos e de herbicidas para as ervas indesejáveis. Esses produtos, além de elevar o custo da cultura, apresentam persistência prolongada no ambiente, podendo eliminar partes significativas de populações de organismos benéficos, e ainda serem

levados pelas águas das chuvas, pelo processo de lixiviação, para mananciais, podendo contaminar peixes e outras espécies de seres vivos.

Na atualidade, tanto a comunidade científica quanto à sociedade civil têm se preocupado com as questões ambientais e a preservação da vida no planeta. Assim, surge a perspectiva do cultivo orgânico da cultura da cana-de-açúcar. Isso tem levado os produtores a adequar a atividade agrícola a uma ação que seja ambientalmente correta e economicamente viável, crescendo a procura por métodos alternativos ao controle químico, abrindo, desta forma, grande oportunidade para a implementação de pesquisas com agentes de controle biológico (Szmrecsányi, 1994).

A colheita mecanizada também é uma realidade no estado de São Paulo, a pelo menos uma década, sistema este implantado para suprir a redução da mão de obra braçal, atender as legislações ambientais e trabalhistas, além de melhorar a competitividade do setor. Apesar do decreto lei estadual do Estado de São Paulo ter prorrogado o prazo para a paralisação total da queima até o ano de 2030, as usinas e destilarias vêm diminuindo as áreas queimadas, paulatinamente, a cada ano. A colheita mecanizada proporciona a extinção do uso do fogo na cultura canavieira, método este utilizado para reduzir a palha, material indesejável para o transporte e processamento da cana-de-açúcar. Com a palha residual deixada em campo de cultivo, há uma melhora significativa na matéria orgânica incorporada em solo, redução na perda de água por evapotranspiração e lixiviação de nutrientes.

2.2 Ciclo do Carbono

As quatro principais presenças de carbono na Terra são: oceanos, atmosfera, formações geológicas contendo carbono fóssil e mineral e ecossistemas terrestres. A importância do carbono e de seus compostos é indiscutível, este é presente na natureza e seus compostos constituem a matéria viva.

O carbono é o componente primário de toda matéria orgânica e é encontrado em grandes concentrações na atmosfera, em terra firme (litosfera),

nas rochas, no solo e nos sedimentos. O ciclo de carbono apresenta várias fases, sendo as duas principais a fotossíntese e a respiração. A fotossíntese é o processo em que as plantas absorvem a energia solar e CO_2 da atmosfera, produzindo oxigênio e carboidratos (açúcares, como a glicose), que servem de base para o crescimento das plantas. A respiração é a fase na qual essa glicose é decomposta para liberar a energia usada pelo organismo. Os animais e as plantas utilizam os carboidratos na respiração, utilizando a energia contida na glicose e emitindo CO_2 . Juntamente com a decomposição orgânica (forma de respiração das bactérias e fungos), a respiração devolve o carbono (depositado nos ecossistemas terrestres e marinhos) para a atmosfera (Nobre, 2001).

Existe uma fase sedimentar do ciclo de carbono, onde os processos biogeoquímicos de longo prazo, tais como a erosão e a ação de vulcões, lançam de volta para atmosfera quantidades significativas de carbono presentes em rochas e sedimentos. Essa fase do ciclo pode levar milhões de anos, enquanto o ciclo biológico do carbono é relativamente rápido: estima-se que a renovação do carbono atmosférico ocorre a cada 20 anos. Existe uma grande variedade de compostos de carbono envolvidos no seu ciclo global, sendo os principais: CO_2 , CH_4 , hidrocarbonetos, CO .

Alguns gases da atmosfera, principalmente o CO_2 , formam uma capa protetora que impede que o calor absorvido pela Terra advindo da radiação solar escape para o espaço exterior. Isto faz conservar o calor e umidade de forma a não permitir grandes variações diárias de temperatura, funcionando como um protetor solar durante o dia e um cobertor durante a noite, sendo indispensável para a manutenção da vida na Terra. O CO_2 é um gás de circulação global, e, portanto, sua absorção independe da origem de sua fonte de emissão; a princípio, as emissões produzidas por determinado país, região ou empresa podem ser compensadas por atividades florestais que absorvam o CO_2 atmosférico em seu desenvolvimento vegetativo, independentemente de sua localização no globo (Yan, 2003).

2.2.1 Fixação de Carbono

A fixação de carbono indica processos de absorção e armazenamento de CO₂ atmosférico, com finalidade de mitigar seus impactos no ambiente, já que se trata de um gás de efeito estufa (GEE). O alvo desse processo é frear e reverter o acúmulo de CO₂ atmosférico, visando manter em níveis aceitáveis do efeito estufa (Renner, 2004).

O conceito de fixação de carbono normalmente se relaciona com a ideia de armazenar reservas de carbonos em solos, florestas e outros tipos de vegetação. Também se promove o incremento nas reservas de carbono pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e pela recuperação de áreas degradadas. Em teoria, o efeito da captura por processos de reflorestamento, pode ser quantificado estimando-se o armazenamento de carbono atmosférico na biomassa e no solo da floresta (Sanquetta, 2004). Embora o aquecimento seja global, e, portanto, um problema comum a todos, ele é sentido de forma muito diferenciada entre países e grupos sociais distintos, sobretudo entre os industrializados e os em desenvolvimento, onde alguns perdem mais, outros menos, e talvez alguns até ganhem em curto prazo. A ideia de fixação de carbono normalmente se relaciona com o potencial armazenamento de carbono nas florestas e outros tipos de vegetação. Assim, se levar em conta as perspectivas de incremento das reservas naturais de carbono pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e pela recuperação de áreas degradadas, a conservação de florestas naturais, o reflorestamento e um manejo otimizado das plantações florestais são os principais métodos mediante o qual o carbono atmosférico pode ser fixado (Sanquetta, 2004).

O mecanismo de sequestrar o carbono foi lançado na Convenção do Clima da ONU como um instrumento de flexibilização dos compromissos de redução das emissões de gases efeito estufa (GEE) dos países com metas de redução, no início dos anos 1990. É uma das modalidades dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto para compensar os compromissos de redução de emissão para mitigar as mudanças climáticas (Sanquetta, 2004). Este mecanismo estabelece, também,

que os projetos de MDL devem contribuir para o desenvolvimento sustentável do país hospedeiro ao critério de seu governo. Assim, no que diz respeito à pertinência dos projetos MDL ao país, estes devem passar pela aprovação dos respectivos governos nacionais, segundo as necessidades e prioridades específicas, a depender de sua matriz energética, condições geomorfológicas e inserção político econômica de cada país.

2.3 Zoneamento Agroambiental da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo tinha 82 % de suas terras cobertas com florestas tropicais e 14% de cerrado antes do desenfreado desmatamento; hoje, esse percentual é reduzido a pouco mais de 10% de florestas tropicais e 1% de cerrado - fragmentos localizados em reservas oficiais. (Crestana et al., 2004).

O Zoneamento Agroambiental da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo (ZAA) foi estabelecido em 18 de setembro de 2008, através de uma parceria entre as Secretarias do Meio Ambiente e da Agricultura e Abastecimento do Estado, com o principal objetivo de disciplinar e organizar a expansão e ocupação do solo pelo setor sucroenergético, além de subsidiar a elaboração de políticas públicas voltadas para as questões relacionadas ao setor. O zoneamento possibilita o efetivo planejamento do setor canavieiro, levando em conta a sustentabilidade da atividade.

Utilizando bases de dados sobre condições climáticas, qualidade do ar, relevo, solo, disponibilidade e qualidade de águas superficiais e subterrâneas, unidades de conservação existentes e indicadas, incluindo áreas de proteção ambiental e fragmentos florestais para incremento da conectividade, foi criado um mapa único. Ele indica áreas adequadas e inadequadas para o cultivo de cana, e regula a ocupação das terras, a instalação e ampliação de unidades agroindustriais (Figura 1).

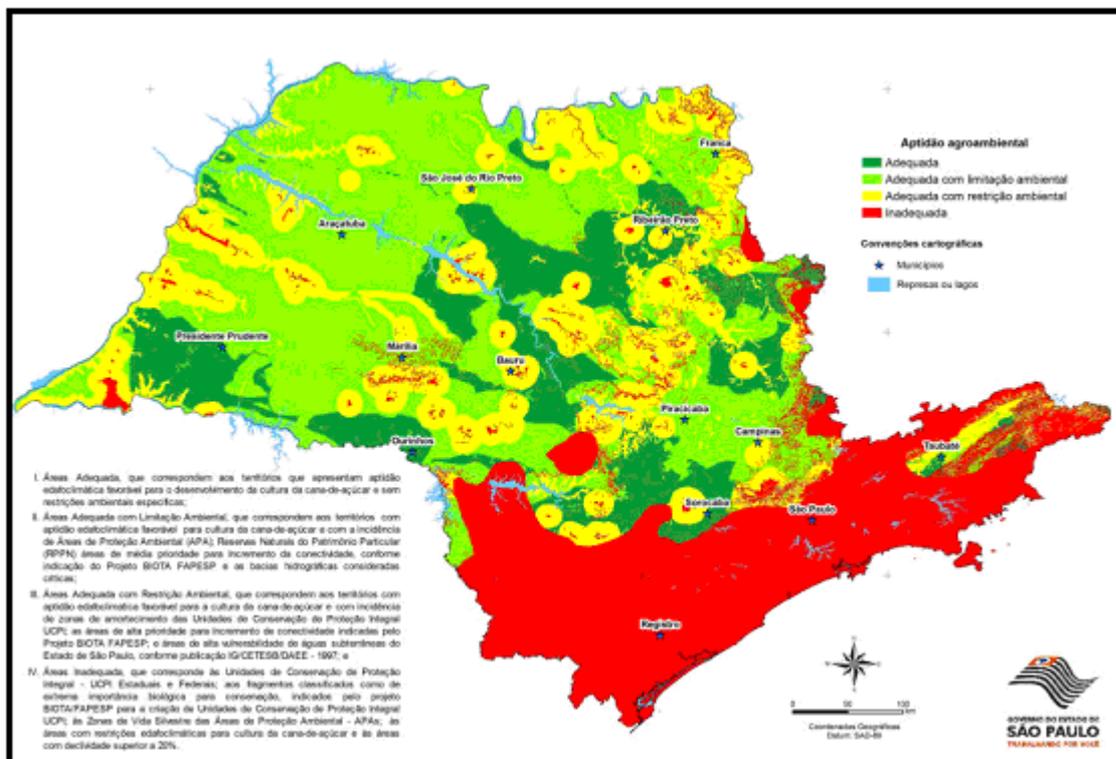


Figura 1. Mapa de zoneamento de aptidões agroambiental do Estado de São Paulo. (Fonte: <http://www.ambiente.sp.gov.br/zoneamentoagroambientalcana.pdf>)

O mapa do zoneamento identifica as áreas pelas cores verde, amarelo e vermelho, determinando, com menor ou maior grau, as restrições para a instalação de novas unidades industriais. As áreas marcadas em verde e em amarelo são consideradas adequadas para a atividade, com gradação que varia de verde-escuro, verde-claro e amarelo. O verde-escuro representa as áreas adequadas para a cana, que devem seguir as regras em vigor. O verde-claro indica limitações ambientais para o licenciamento de novas unidades, enquanto o amarelo significa restrições ambientais, com um maior grau de exigências. As áreas em vermelho são consideradas inadequadas e estão concentradas na faixa litorânea onde, além das grandes unidades de conservação do Estado, registram-se as maiores declividades de terreno.

A resolução determina que, nas áreas verdes ou amarelas, qualquer empreendimento que pleitear licenciamento para nova unidade ou expansão da existente deverá demonstrar adequação no manejo de defensivos agrícolas

nas áreas de drenagem a montante dos pontos de captação de águas para abastecimento público. Nas demais áreas adequadas, as exigências serão maiores ou menores, dependendo da classificação do local. A cor com menor nível de exigência é a relativa às áreas verde-escuras, nas quais os estudos deverão contemplar a minimização da utilização de recursos hídricos, além de proteger e recuperar as espécies nativas no entorno de nascentes e nas Áreas de Preservação Permanente (APP).

Nas áreas adequadas com limitações ou restrições ambientais verde-claro ou amarelo, no mapa, as exigências são maiores, tais como análises de águas subterrâneas e monitoramento contínuo de emissões de poluentes como material particulado e óxidos de nitrogênio, nas chaminés das caldeiras alimentadas a bagaço.

Para licenciamento nas áreas amarelas - adequadas com restrições ambientais -, será exigida demonstração de viabilidade, por meio de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), independente do seu porte. Nas áreas classificadas como inadequadas, não serão aceitos pedidos de licenciamento ambiental para instalação ou ampliação de empreendimentos existentes do setor sucroalcooleiro.

2.3.1 Inventário de Carbono no Estado de São Paulo

Desde a revolução industrial, a contínua e crescente emissão de CO₂ provocada pela dependência de fontes de energias fósseis, tornou uma ameaça global, que vem sendo condenada e combatida por diversos governos e entidades sociais. Vários esforços vêm sendo feitos para minimizar essa questão, principalmente em substituição de processos por fontes limpas de energia e de produção de matérias primas. Dentre esses está a aprovação do Protocolo de Kyoto, no qual foi estabelecido que os países se comprometessem reduzir suas emissões de CO₂.

Atualmente o avanço tecnológico, o crescimento demográfico, a industrialização, conflitos entre expansão industrial e agrícola com o meio são alguns dos fatores que contribuem para interferência no ambiente, de maneira contínua e crescente. Ao longo de sua existência, o homem sempre utilizou os

recursos naturais do planeta com pouca ou nenhuma preocupação, já que os recursos eram abundantes e a natureza aceitava passivamente as atividades realizadas. A partir do século XVIII, com o surgimento da revolução industrial, o modelo ou estratégia de desenvolvimento das nações consolidou suas bases técnicas e sociais. O objetivo principal era o crescimento econômico em curto prazo, mediante a utilização de novos processos produtivos e as explorações intensivas de energia e matérias-primas, cujas fontes eram consideradas inesgotáveis. Os processos de produção tanto agrícola ou industrial utilizados para extrair matérias-primas e para transformá-las numa multiplicidade de produtos para fins de consumo, embora registrem progressos no setor das técnicas de controle de impactos, é preciso reconhecer que há métodos que propiciem um controle absoluto, equilibrando o processo produtivo com o meio ambiente.

O Inventário de Carbono do Estado de São Paulo foi elaborado por uma rede de diversas instituições especializadas nos setores inventariados, por especialistas do assunto e coordenado pela CETESB/SMA. O Inventário Estadual foi resultado de um trabalho inédito no Brasil de elaboração de um amplo e detalhado diagnóstico das emissões de gases de efeito estufa do Estado de São Paulo no período 1990 a 2008.

Instituído pela Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC - Lei Estadual nº 13.798/2009) e regulamentado pelo Decreto 55.947/2010, o documento adota o mesmo método recomendado pelo IPCC para a elaboração de inventários nacionais, com adaptações para adequá-lo às condições objetivas de um governo estadual. Ainda assim, buscou-se seguir fielmente as diretrizes gerais do método, visando à elaboração de um documento cujos resultados sejam comparáveis àqueles obtidos pelos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Seguindo a classificação utilizada pelo IPCC, o Inventário foi classificado em cinco grandes setores, de acordo com a origem das emissões: energia; processos industriais; uso da terra, mudança no uso da terra e florestas; agropecuária e resíduos (CETESB, 2011).

Segundo o Inventário, números indicam que o Estado de São Paulo emitiu 145 milhões de toneladas de CO₂ equivalente na atmosfera referente até 2005 e precisará cortar suas emissões em 50% para cumprir a meta estabelecida pela Política Estadual de Mudanças Climáticas. A meta é, até 2020, reduzir as emissões em 20% em relação a 2005. Isso significa chegar a 2020 emitindo 116 milhões de toneladas de CO₂ equivalente. De acordo com os estudos, caso não haja mitigação de impactos ou ações através de políticas públicas para o problema, São Paulo chegará a 2020 com 238 milhões de toneladas de emissões, pouco mais do dobro da meta (CETESB, 2011).

O maior desafio tecnológico é mudar padrões na produção de energia e nos transportes, fatores estes dependentes para o crescimento econômico. Ambos respondem por 57% das emissões em 2005, que pode ser mitigado através de políticas de uso de fontes de origem vegetais renováveis e solar. O segundo setor que mais emite gases de efeito estufa é a agricultura, com 37% do total, sendo que o grande contribuinte vem da produção animal, devido a geração de CH₄. A indústria que por muitos ambientalistas acreditavam em ser o responsável por esta situação a que encontramos apenas responde por 10%. O tratamento de resíduos contribui com 7%, sendo que poderá se tornar em um futuro breve fonte alternativa na produção de energia limpa. As mudanças no uso da terra e de florestas, devido as reduções nos desmatamentos e queimadas hoje correspondem a 1%, (CETESB, 2011).

2.4 Plantio em aleias

Na oposição ao modelo dominante na agricultura atualmente as experiências dos sistemas agroflorestais buscam implantar práticas adequadas de uso e recuperação do solo e de outros recursos naturais em diferentes biomas e ecossistemas, e ajudar a mudar realidades de desigualdades sociais, econômicas, político culturais, de gênero e de degradação ambiental em diferentes regiões do país. Tais experiências visam construir novos tipos de relações nas dimensões ambientais, socioeconômicas e culturais, transformando-as na direção da construção de uma sociedade socialmente justa, eticamente responsável e ambientalmente sustentável, em perspectivas

de desenvolvimento rural que atendam ao objetivo de melhoria de qualidade de vida das populações rurais, e bem estar da sociedade de países como o Brasil e de outros do mundo em desenvolvimento (Cardoso, 2006).

O cultivo em aleias, modelo de sistema agroflorestal em que culturas agrícolas são intercaladas com espécies arbóreas plantadas em linhas, neste estudo a cultura utilizada foi a cana-de-açúcar e as espécies arbóreas o Ipê Amarelo, o Cedro e Guapuruvú. Essas plantas podem ser periodicamente podadas durante o cultivo, servindo o material da poda de adubo verde ou no caso deste estudo utilizar espécies caducifólias, que perdem suas folhas ao longo de seus ciclos facilitando a ciclagem de compostos químicos. Essa prática, historicamente empregada em diversas regiões tropicais da África e Ásia, permite melhoria nas características químicas do solo, especialmente na camada superficial, quando comparado ao sistema tradicional de cultivo. A melhoria é atribuída à ciclagem constante dos nutrientes pela fitomassa das podas ou pela serapilheira. Além disso, a espécie florestal mostra efeitos benéficos por suas raízes mais profundas, que reduzem as perdas por enxurradas, proporcionando melhor drenagem e pela maior cobertura do solo, criando proteção contra a erosão, reduzindo também a perda de água do solo por transpiração (Kang et al., 1981).

Desde a Convenção do Clima e a assinatura do Protocolo de Kyoto, o interesse pelo estudo de fluxos e captação de CO₂ entre ecossistemas terrestres e a atmosfera cresceu substancialmente, principalmente em sistemas florestais das áreas tropicais e subtropicais do globo. Nessas áreas o crescimento das árvores é mais acelerado, resultando em maiores taxas de fixação de carbono e conseqüente remoção de CO₂ da atmosfera.

Apesar dos pesquisadores que desenvolveram o conceito de sistema de aleias darem importância maior aos assuntos biofísicos, que incluem espécies fixadoras de nitrogênio e espécie de rápido crescimento, produção de biomassa, decomposição de restos culturais e adição/recuperação de nutriente, fica evidente a importância do sistema para melhoria na eficiência do uso da água. Os sistemas em aleias também melhoraram a estrutura do solo pela

adição de matéria orgânica e atividade dos sistemas radiculares das árvores (Carvalho et al., 1999).

2.5 A importância de espécies nativas

Árvores nativas são aquelas cuja presença é natural em uma região, ou seja, árvores que a natureza gerou e fez evoluir em um determinado ambiente. O fato de as espécies nativas serem naturalmente adaptadas às regiões onde ocorrem é muito importante para o equilíbrio ambiental, pois existem complexas relações dos demais seres vivos com essas árvores.

Importantes elementos da natureza, as árvores são vitais para o funcionamento dos ecossistemas onde estão inseridas. Cada espécie de árvore nativa possui características próprias e, por isso, deve ser valorizada pelos diversos benefícios que pode proporcionar. Esses organismos podem ser usados de diversas maneiras: para recreação, pesquisa e aprendizado. A floresta também nos proporciona serviços: assegura o abastecimento de água por meio da preservação de bacias hídricas e lençóis freáticos; fornece meios de subsistência aos povos que residem em suas proximidades; insumos para a produção de medicamentos e cosméticos; madeira para a produção de móveis, carvão, papel, construção de edifícios e outros; regula o clima global mediante o sequestro de carbono; conserva a biodiversidade; e protege o solo contra erosões, conservando sua fertilidade.

2.5.1 Cedro

Esta espécie tem ampla distribuição na América Latina, desde o norte da Argentina e Paraguai e na América Central chegando ao Panamá e Costa Rica. No Brasil, ela ocorre comumente nas matas das regiões Leste e Sul podendo chegar até as regiões do Centro, Norte e Nordeste. O cedro (*Cedrela fissilis*) é uma espécie rara, de árvore frondosa produz uma das madeiras mais apreciadas no comércio, tanto brasileiro quanto internacional, por ter coloração semelhante ao mogno e, ser classificada como madeira leve. Pode alcançar a altura de 20 a 35 m, com tronco de 60 a 90 cm de diâmetro. Possui folhas compostas de 60 a 100 cm de comprimento com folíolos de 8 a 14 cm de

comprimento. A madeira do Cedro possui densidade verde entre 0,47 e 0,61 g/cm³ (IPEF, 2011).

Encontrada preferencialmente em solos úmidos e profundos, presentes nos vales e planícies aluviais, desenvolve-se no interior de florestas primárias, podendo também ser igualmente encontrada como espécie pioneira na vegetação secundária. O cedro é uma espécie umbrófila durante a sua fase juvenil e heliófila, na fase adulta (Marques et al., 2000), com isso é utilizada para recomposição de áreas degradadas como secundária inicial até secundária tardia, no processo de sucessão ecológica. É importante para a recuperação de áreas degradadas e de matas ciliares, onde não ocorrem inundações (Durigan et al., 2002).

Floresce de agosto a setembro e seus frutos amadurecem com a árvore totalmente desfolhada de junho a agosto. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis.

É uma árvore largamente empregada no paisagismo de parques, grandes jardins e recomendada para a arborização de praças públicas. Também pode ser utilizada na arborização de ruas. Essa espécie é também recomendada para recuperação de ecossistemas degradados e para a restauração das matas ciliares em locais com ausência de inundação (Carvalho, 2003).

Também, é eficiente na recuperação de solos contaminados por metais pesados (Marques et al., 2000). Apesar de apresentar sintoma moderado de fitotoxidez, o cedro é considerado promissor para programas de revegetação de áreas com solo contaminado com metais pesados como zinco (Zn), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cobre (Cu).

A madeira do cedro é utilizada em contraplacados, carpintaria, marcenaria, esquadrias, forros, molduras, caixilhos, construção naval e aeronáutica, caixas de embalagens especiais, instrumentos musicais, etc. (Rizzini 1978).

2.5.2 Guapuruvú

O guapuruvú (*Schizolobium parahiba*) é uma árvore decídua de grande porte, podendo atingir facilmente 30 m de altura. Ela ocorre naturalmente na floresta ombrófila densa e estacional decidual. Seu tronco é retilíneo, com ramificações apenas no alto. A casca é cinzenta, com cicatrizes provocadas pela queda das folhas e lenticelas. Sua copa é alta e aberta, de pouca sombra. As folhas são alternas, grandes, com cerca de 1 m de comprimento, e caem com o passar do tempo. Elas são compostas bipinadas, com folíolos pequenos, elípticos e opostos. As inflorescências surgem de agosto a novembro, em numerosos cachos densos, eretos, de flores amarelas e muito vistosas. Os frutos amadurecem no outono e são vagens bivalvas, de forma ovulada e cor parda. Cada um carrega apenas uma semente grande, lisa, oblonga e rígida, envolta por uma asa papirácea que se dispersa pelos ventos. O guapuruvú é uma madeira de baixa densidade verde de 0,2 a 0,3 g/cm³ (IPEF, 2011)

O guapuruvú é uma árvore de crescimento impressionante. Ela é apropriada para jardins extensos, assim como parques e praças, modificando em poucos anos a paisagem. Além do aspecto escultural de seu caule e copa, esta bela árvore ainda nos presenteia com uma floração espetacular. Sua madeira é clara, leve e macia, prestando-se para a caixotaria, artesanato, construção civil e fabricação de embarcações. Estuda-se também sua utilização como fonte de celulose. É uma espécie pioneira, indicada para recuperação inicial de áreas degradadas. Sua floração é atrativa para as abelhas. Quando plantado em espaçamento adequado, permite consórcio com cultivos permanentes ou de ciclo curto.

2.5.3 Ipê Amarelo

Os ipês são árvores da América tropical, que possuem madeira de excelente qualidade, usada em construções pesadas, fabricação de móveis, esquadrias, assoalhos e cabos de ferramenta. Além dessa qualidade, as espécies *Tabebuia serratifolia* (ipê amarelo), *Tabebuia chrysotricha* (ipê mulato), *Tabebuia odontodiscus* (ipê branco) e *Tabebuia impetiginosa* (ipê roxo) possuem florada de rara beleza e, por isso, são muito usadas como

árvores ornamentais em território brasileiro. *Tabebuia serratifolia*, o Ipê amarelo, considerada árvore-símbolo do Brasil é então, a árvore brasileira mais conhecida, a mais cultivada e, sem dúvida nenhuma, a mais bela sendo a espécie de ipê mais difundida em termos de plantio artificial, muito usados na arborização de ruas, avenidas, jardins particulares em arboretos de parques e espaços livres (Ferreira, 1989).

Espécie nativa brasileira oriunda da região Sul e Sudeste abrangendo a Floresta Estacional Semidecídua, a Mata de Araucária e também o Cerrado, com crescimento rápido podendo alcançar até 30 m de altura, sendo que hoje se estende por todo o território nacional devido a sua adaptabilidade. Seu tronco tem característica de crescimento retilíneo, porém pode apresentar curvaturas onde se ramificam por entre 5 e 8 m de altura, possuindo coloração acinzentada. Suas folhas são compostas tomentosas (pilosas), filotaxia oposta, com face superior verde e a inferior de coloração prateada, dispostas de 5 a 7 folíolos, com ápice pontiagudo, base arredondada e margem serrada. Forma uma copa larga e alongada na base. Segundo IBAMA (2011) o ipê amarelo tem densidade verde de 1,15 a 1.30 g/cm³.

O ipê-amarelo é uma espécie florestal nativa de importância relevante em função de suas utilidades econômicas, ornamentais e ecológicas. Árvore caducifólia apresenta o período da queda das folhas coincidindo com a floração de cor amarela vistosa, sua folhagem é renovada anualmente; as folhas caem no inverno e aparecem logo após a floração, que ocorre no período de julho a outubro. Os frutos amadurecem no período de outubro a dezembro, produzindo grande quantidade de sementes leves e aladas, que são dispersas rapidamente (Lorenzi, 1992).

Não há região do país onde não exista pelo menos uma espécie dele, porém a existência do ipê em habitat natural nos dias atuais é rara entre a maioria das espécies (Lorenzi, 1992). É uma planta decídua, heliófita, característica da floresta pluvial densa, sendo também largamente dispersa nas formações secundárias, como capoeiras e capoeirões; porém, tanto na floresta como na capoeira, prefere solos bem drenados situados nas encostas. Sua dispersão é geralmente uniforme e sempre muito esparsa.

O preço médio do metro cúbico de pranchas de ipê no Estado do Pará cotado em janeiro e fevereiro de 2012 foi R\$ 1.800,00 e na região de Sorocaba – SP foi de R\$ 3.100,00 (CEPEA, 2012).

3 Objetivos

Analisar através de estudo de caso a fixação de carbono em árvores nativas no plantio através de aleias em cultivo de cana-de-açúcar.

Avaliar os resultados obtidos nos 24 meses iniciais de implantação do experimento, das três espécies arbóreas plantadas em aleias, em diferentes espaçamentos de cultivo de cana-de-açúcar, através de parâmetros de rendimento de colheita, além do acúmulo de volume e fixação de carbono das árvores plantadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Instalação do experimento

Em 2008, no Centro de Ciências Agrárias (CCA) UFSCar, localizado no Campus de Araras, em Latossolo Vermelho-Escuro (Embrapa, 1999), foram plantadas no sistema de aleias, 10 unidades de cada uma das espécies nativas da Floresta Estacional Semi-decidual (mudas de aproximadamente 1,0 m de altura). As mudas foram espaçadas cinco metros entre si, espaçamento usual para reflorestamento, perfazendo um total de trinta árvores por aleia, com cento e cinquenta metros de comprimento para cada uma, totalizando 600 m lineares de aleias, numa área total de 20.250 m². O cálculo da quantidade de plantas por hectare nas faixas de plantio foi feita através da quantidade de árvores por aleia em 100 m multiplicada pela largura da faixa de plantio, conforme Tabela 01.

TABELA 01. Quantidade de plantas por ha nas diferentes faixas de plantio.

Faixas de plantio	Ipê	Cedro	Guapuruvú
m		Plantas/ha	
30	66,66	66,66	66,66
45	44,44	44,44	44,44
60	33,33	33,33	33,33

As espécies florestais escolhidas apresentam uma ou mais das seguintes funções ecológicas: São: (a) adubadeiras: espécies caducifólias, que incorpora matéria orgânica ao solo, (b) fixadoras: espécies leguminosas, de valor comercial, com copa rala, (c) madeireiras: possibilitaram o corte de um sistema de manejo em longo prazo (8 a 15 anos). Conforme figura 02 e 03, a área tem no total de 120 árvores, já que foram plantadas 4 aleias, com distancias de 30 m (20 sulcos de cana); 45 m (30 sulcos de cana) e 60 m (40 sulcos de cana), sendo que essas distâncias são interessantes para o desenvolvimento da melhor metodologia de espaçamento entre aleias, considerando o espaçamento mais utilizado para a cana que é de 1,5m entre sulcos. O plantio das mudas das árvores foi realizado em 25/11/2008, a cana-de-açúcar da variedade RB 935744 em 31/05/2009 entre as aleias, sendo que

o campo experimental foi dividido em nove áreas. Nesse período, para não deixar o terreno desprotegido e improdutivo, as faixas de solo entre as aléias foram cultivadas com soja (*Glycine max* (L) Merrill.), variedade Vencedora, em cultivo convencional, observando-se uma distância de 2,5 m de afastamento entre as aléias e as faixas de cultivo, para não interferir no pegamento e desenvolvimento das mudas das árvores.

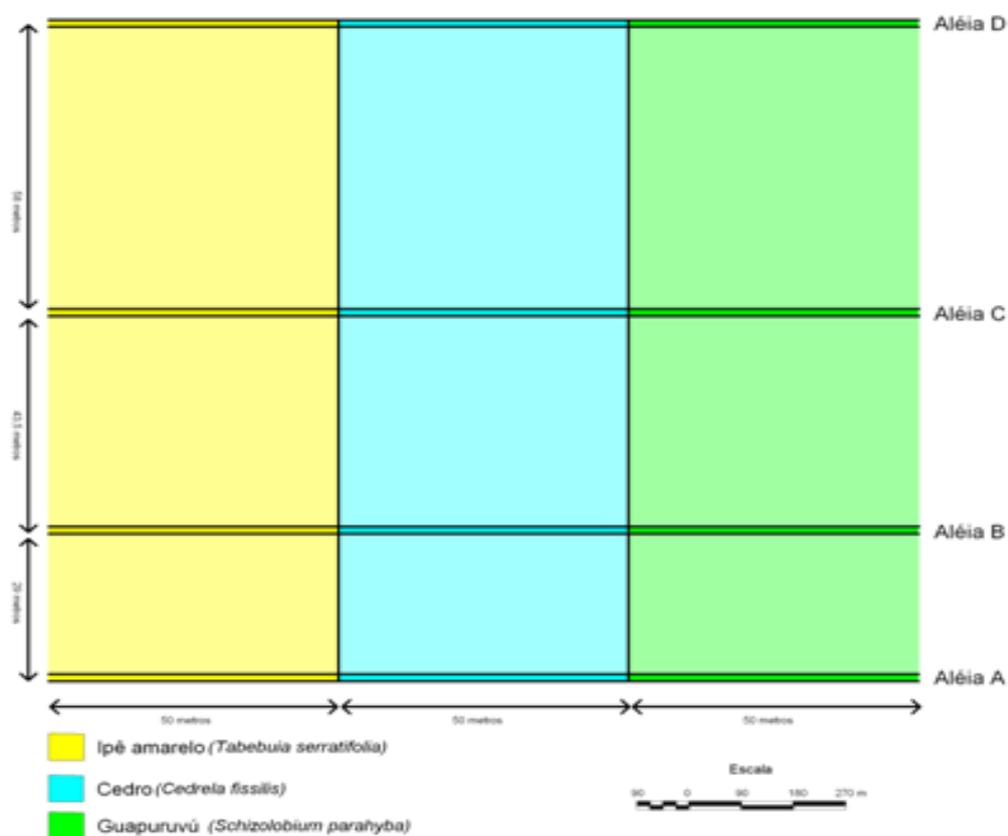


Figura 02. Croqui da área experimental. (Fonte: Luiz Antônio Correia Margarido)

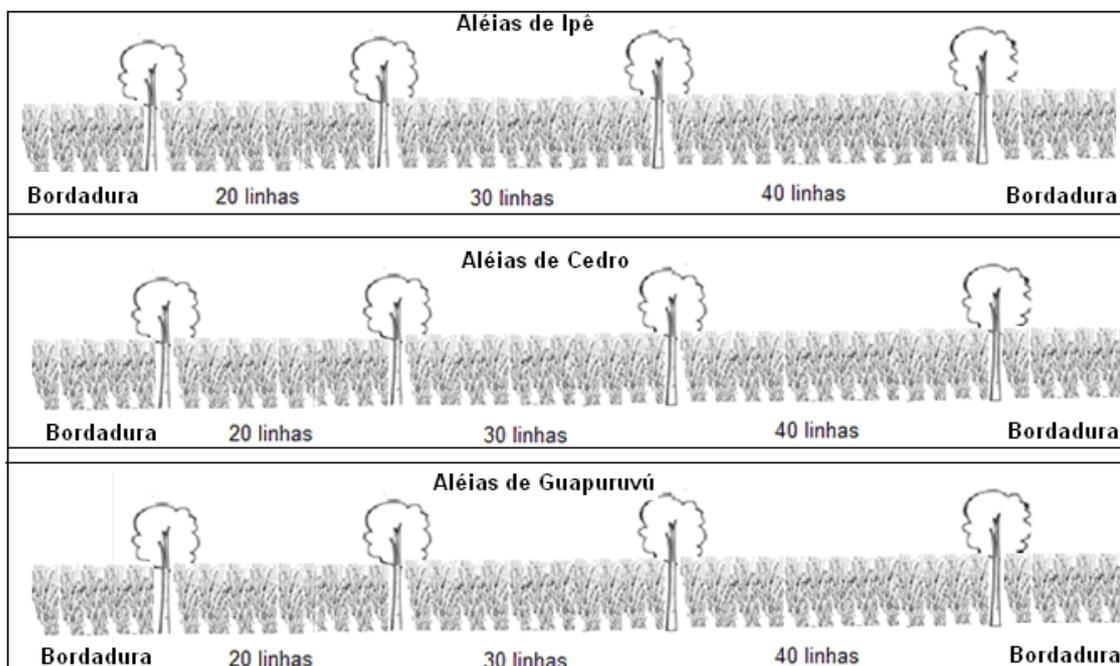


Figura 03. Disposição do canal entre as aléias de árvores nativas. (Fonte: Luiz Antônio Correia Margarido)

4.2 Monitoramento das aléias

O trabalho foi elaborado com o intuito de avaliar a quantificação de carbono, conjuntamente com as seguintes espécies arbóreas nativas: cedro (*Cedrela fissilis*), guapuruvú (*Schizolobium parahiba*) e ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia*), em sistema de aléias. As duas primeiras espécies foram escolhidas por apresentarem as características descritas nesta dissertação, já o ipê amarelo, mesmo necessitando de um tempo maior para o seu aproveitamento econômico, em função do alto valor comercial de sua madeira e também pela sua importância na paisagem. Como parâmetro físico dos sistemas agroflorestais foi efetuado o monitoramento do crescimento das espécies florestais e as alterações nas condições locais. Para cada indivíduo foi avaliado mensalmente a altura total, altura do fuste, sanidade, brotação e fenologia.

São vários os modelos para estimar os volumes de biomassa arbórea, todos indiretamente, por inferências de suas principais medidas biométricas, geralmente, altura, DAP e densidade da madeira ou da espécie arbórea.

O volume comercial foi obtido pela cubagem das árvores em pé, acompanhando o desenvolvimento das árvores medindo-se mensalmente. Essas medidas foram realizadas empregando-se uma régua de madeira de seções graduadas marca Posenhaim® (régua de topografia) e paquímetro universal de 200 mm marca Mitutoyo®. Foi computado também o número de árvores que morreram em cada aléia. Para o cálculo de volume real de madeira com casca (V), empregou-se a fórmula de Smalian (Loetsch et al., 1973), transformando os correspondentes diâmetros em áreas seccionais (A1, A2), e o respectivo comprimento ou altura (C) do fuste, através da fórmula:

$$V=(A1+A2)/2]C$$

Onde:

V = volume da seção do tronco em m³;

A1 = área transversal da seção de maior diâmetro (base) em m²;

A2 = área transversal de menor diâmetro (1º galho) em m²;

C = comprimento da seção (altura até o 1º galho) em m.

A área transversal de cada seção é dada pela expressão $A=\pi(d^2/4)$, em que d= diâmetro da seção.

Para cada espécie foi aplicada a equação alométrica obtendo-se o valor da quantificação do carbono incorporado na biomassa comercial. Utilizou-se o fator de conversão para estimar o valor de carbono total estimado de 48% na biomassa seca. Segundo Higuchi et al. (1998), a equação alométrica utilizada refere-se ao cálculo de massa fresca da árvore sendo que 60% deste valor referem-se a biomassa seca e que restante 40% é água, mesmo valor citado por ARAÚJO et al. (1999). No presente artigo foi utilizada a densidade verde de cada espécie madeireira, sendo aplicado o fator 1,3 para o ipê amarelo, 0,6 para o cedro e 0,3 para o guapuruvú, pois sendo um método não destrutivo, utilizou-se o volume verde e a densidade verde para obter a massa fresca.

O cálculo para a obtenção do estoque de carbono foi:

$$\text{CBC (t/planta)} = [(\text{VBVC} \cdot \text{DM}) \cdot 0,6] \cdot 0,48$$

Onde:

CBC (t/planta) = carbono na biomassa comercial

VBVC = Volume da biomassa vegetal comercial

DM = Densidade da madeira verde

0,6= Fator de biomassa seca

0,48= Fator de % Carbono

Adotando este simples modelo matemático mostra se eficiente para uma confiável estimativa da quantificação do carbono fixado, utilizando de algumas variáveis de fácil obtenção e que não requeira a destruição das plantas antes de sua idade de comercialização.

4.3 Monitoramento da cana-de-açúcar

Todas as canas de todas as 90 linhas de 150 m do experimento totalizando 13.500 m foram contadas com o auxílio de contadores manuais mecânico. Após as contagens foram retiradas três amostras de 15 canas consecutivas, em cada segmento de 50 m, correspondentes às faixas de cana entre as aleias de cada espécie de árvore.

Essas amostras foram etiquetadas, retiradas do canavial e pesadas ainda no campo empregando-se uma balança eletrônica portátil marca LIDER® Modelo PR30/500 fixada em um tripé de ferro. A partir do número real de colmos das canas de cada linha mais o peso médio das mesmas obtidas nas amostragens foi estimada a produtividade em toneladas por hectare de cada linha de toda área experimental. A partir desses dados foi possível calcular a produtividade da cana-de-açúcar nas linhas de cultivo em diferentes distâncias das linhas das árvores.

A colheita da cana foi realizada mecanicamente de forma convencional em 23/10/2010. A única alteração realizada foi o tombamento manual das

linhas de cana vizinhas das aleias para evitar possíveis injúrias da colheitadeira nas árvores.

4.3.1 Modelo teórico

Esse estudo procurou avaliar a variação do rendimento de cana-de-açúcar em relação as diferentes distâncias das linhas de cultivo em relação as aleias.

O modelo para cada aleia foi representado por:

$$Y_j = \alpha_1 + \alpha_2 x_{2j} + \alpha_3 x_{3j} + \beta x_{4j} + \mu_j$$

Y_j = Produtividade de cana-de-açúcar em t/ha;

x_{2j} = 1 para a distância da aleia Cedro e 0 para as demais;

x_{3j} = 1 para a distância da aleia Guapuruvú e 0 para as demais;

x_{4j} = Distância das linhas de cultivo de cana-de-açúcar em metros;

μ_j = Perturbação estocástica;

j = Número da observação.

Os cálculos de regressão linear foram realizados utilizando-se o aplicativo do Microsoft Excel denominado XLstat (disponível em versão demo no endereço www.xlstat.com). Empregou-se uma matriz de cruzamentos entre as variáveis, neste caso utilizaram-se variáveis *dummy* para as espécies arbóreas em relação à distância de plantio de cana-de-açúcar e a produtividade obtida.

De posse dos parâmetros estimados, pode-se aceitar ou rejeitar as hipóteses de que o valor da produtividade da linha de cultivo da cana-de-açúcar varie em relação à distância da aleia e da espécie arbórea que a compõem. Espera-se valores positivos para α_1 , α_2 , α_3 e α_4 pois tais parâmetros representam acréscimo da produtividade quanto maior for a distância da linha de cultivo de cana em relação as aleias devido a concorrência pelos nutrientes do solo e a ação do sombreamento. Quanto a β , este deve ser positivo, pois

representa o acréscimo da produtividade da cana a medida em que aumenta a distância da linha de cultivo em relação a aleia.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desenvolvimento das árvores

Com base nos resultados contidos na Tabela 2 a 5 e as figuras 4 a 7 podemos observar que as árvores desenvolveram-se normalmente não havendo solução de continuidade no ganho de altura relacionado ao sistema de cultivo aos quais foram submetidas. As únicas interferências negativas observadas quanto ao ganho de altura ocorreram nas aléias de Cedro onde algumas árvores sofreram o ataque da broca do ponteiro, o lepidóptero *Hypsipyla grandella* (Zeller,1848) (Lepidoptera: Pyralidae) que interferiu no crescimento das plantas entre os meses de fevereiro de 2009 a maio de 2010. Essas ocorrências eram de certa forma esperadas, pois segundo Dourojeami (1973), a família meliácea é bastante conhecida na literatura quanto a susceptibilidade de algumas de suas espécies tais como: mogno, cedro, andiroba como hospedeiros de insetos lepidópteros da família Pyralidae (*Hypsipyla grandella*, *Hypsipyla ferrealis*, *Sematoneura grijpinai*, *Humiphila paleolivacea*) das quais segundo Conde (2006) a *H. grandella* é a única encontrada em todas as regiões geográficas das meliáceas citadas, sendo considerada uma praga bastante cosmopolita.

Como o sistema aleias-cana pode ser caracterizado como um policultivo esperava-se que o ataque dessa praga fosse amenizado pela redução da visibilidade e da não preferência pelos outros componentes do sistema conforme preconizado por Altieri (2004). De certa forma parece que esse fenômeno pode ter ocorrido, pois a partir 05/2010 o canavial sobrepujava em altura as árvores ocultando-as e o ataque da praga deixou de ocorrer, embora as condições climáticas e o ciclo biológico do inseto também possam explicar isso. Foi a partir dessa época que as árvores de Cedro retomaram o desenvolvimento, embora numa curva de crescimento mais lento. As medidas de crescimento mensal da altura total de cada planta nas aléias A, B, C e D estão contidas no Anexo 1, sendo que a média por aleia está demonstrado nas Tabela 2 a 5 e ilustradas nas Figuras 4 a 7.

Uma vez que a cana-de-açúcar foi removida pela colheita, as árvores voltaram a ser totalmente visíveis por um determinado período e o fenômeno poderá se repetir. Conforme Paiva e Poggiani (2000) a luminosidade em céu aberto e sob dossel além da luminosidade relativa em diferentes épocas do ano mais a umidade do solo influenciam o desenvolvimento de mudas de cedro entre outras. Esses quatro fatores estiveram presentes neste experimento além da praga, mas apenas o cedro apresentou o ataque e a alteração nas curvas de crescimento. Por isso mais observações nesses aspectos deverão ser enfatizadas nas etapas subsequentes deste experimento. Com base nos dados contidos na Tabela 6 não houve mortalidade de mudas de ipê, e as mudas de cedro embora atingidas pela broca dos ponteiros, apresentaram uma mortalidade de 2,5%, enquanto as mudas de guapuruvú apresentaram 17,5% de mortalidade. Essa mortalidade, porém foi localizada, restringindo-se a dois segmentos de aléias devido o ataque de brocas na raiz.

TABELA 2. Altura média das árvores (em m) na aleia A.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1 ^a	11/08	1,23	1,43	1,13
2 ^a	12/08	1,17	1,39	1,10
3 ^a	01/09	1,11	1,62	1,19
4 ^a	02/09	1,24	1,44	1,22
5 ^a	03/09	1,18	1,50	1,41
6 ^a	04/09	1,17	1,41	1,25
7 ^a	05/09	1,15	1,45	1,26
8 ^a	06/09	1,17	1,28	1,16
9 ^a	07/09	1,21	1,42	1,37
10 ^a	08/09	1,21	1,44	1,45
11 ^a	09/09	1,25	1,46	1,49
12 ^a	10/09	1,30	1,75	1,97
13 ^a	11/09	1,36	1,85	2,09
14 ^a	12/09	1,56	1,51	2,12
15 ^a	01/10	1,79	1,66	2,35
16 ^a	02/10	1,83	1,61	2,67
17 ^a	03/10	2,00	1,54	2,83
18 ^a	04/10	2,04	1,58	2,85
19 ^a	05/10	2,04	1,59	2,92
20 ^a	06/10	2,05	1,65	2,99
21 ^a	07/10	2,08	1,83	3,07
22 ^a	08/10	2,24	1,76	3,11
23 ^a	09/10	2,26	1,85	3,15
24 ^a	10/10	2,30	1,98	3,44

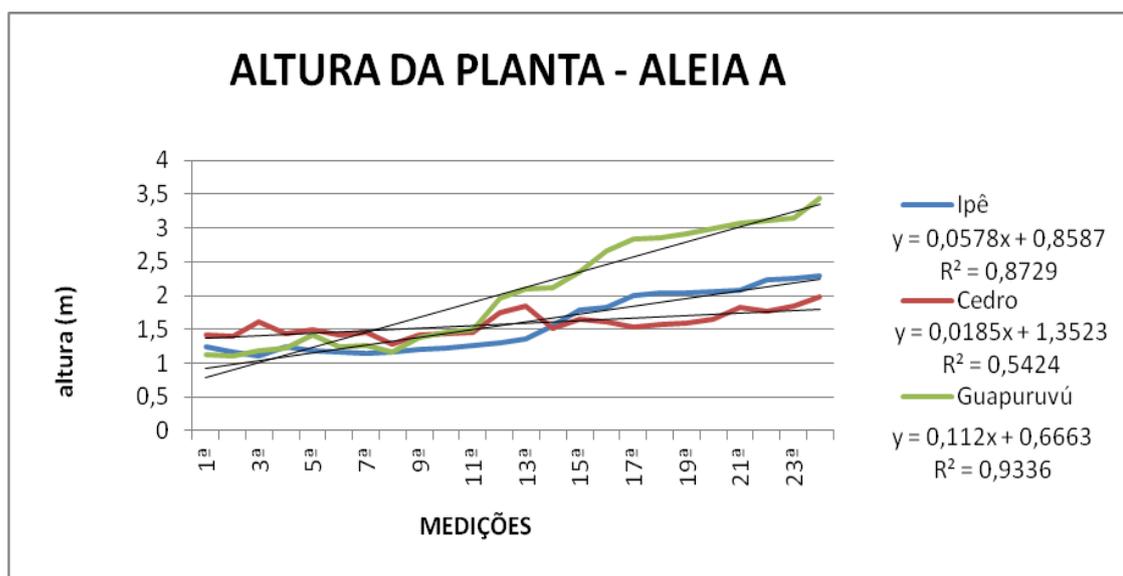


Figura 4: Crescimento em altura das árvores na aleia A.

TABELA 3. Medições médias das árvores (em m) na aleia B.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	1,17	1,43	1,37
2ª	12/08	1,19	1,36	0,95
3ª	01/09	1,14	1,49	1,20
4ª	02/09	1,15	1,49	1,20
5ª	03/09	1,19	1,38	1,40
6ª	04/09	1,18	1,32	0,94
7ª	05/09	1,21	1,29	1,10
8ª	06/09	1,15	1,41	1,16
9ª	07/09	1,31	1,30	1,28
10ª	08/09	1,36	1,31	1,31
11ª	09/09	1,46	1,29	1,38
12ª	10/09	1,68	1,64	1,67
13ª	11/09	1,86	1,57	2,03
14ª	12/09	2,28	1,34	1,59
15ª	01/10	2,48	1,41	1,69
16ª	02/10	2,56	1,44	1,74
17ª	03/10	2,77	1,42	1,84
18ª	04/10	2,78	1,35	2,00
19ª	05/10	2,74	1,43	2,23
20ª	06/10	2,82	1,50	2,32
21ª	07/10	2,82	1,67	2,30
22ª	08/10	3,03	1,64	2,40
23ª	09/10	3,04	1,69	2,40
24ª	10/10	3,14	1,80	2,97

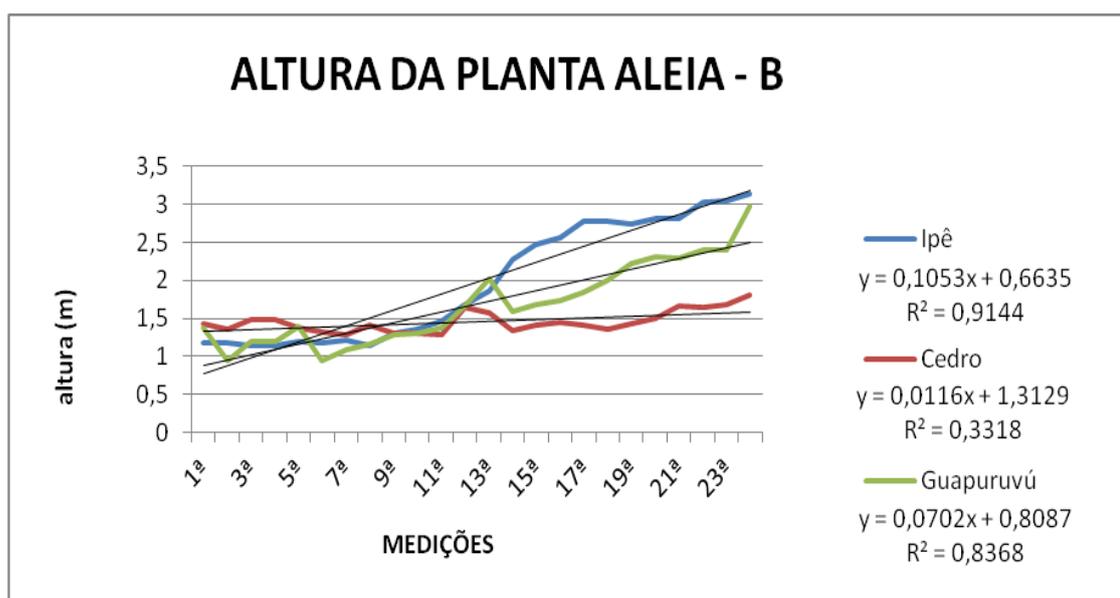


Figura 5: Crescimento em altura das árvores na aleia B.

TABELA 4. Medições médias das árvores (em m) na aleia C.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1 ^a	11/08	1,17	1,40	1,09
2 ^a	12/08	1,16	1,41	1,16
3 ^a	01/09	1,15	1,62	1,27
4 ^a	02/09	1,21	1,61	1,37
5 ^a	03/09	1,22	1,60	1,47
6 ^a	04/09	1,15	1,40	1,29
7 ^a	05/09	1,17	1,42	1,22
8 ^a	06/09	1,16	1,32	1,24
9 ^a	07/09	1,24	1,44	1,24
10 ^a	08/09	1,24	1,49	1,28
11 ^a	09/09	1,33	1,49	1,33
12 ^a	10/09	1,43	1,84	1,65
13 ^a	11/09	1,51	1,84	1,80
14 ^a	12/09	1,75	1,59	1,52
15 ^a	01/10	1,86	1,63	1,66
16 ^a	02/10	1,94	1,63	1,94
17 ^a	03/10	1,98	1,64	2,11
18 ^a	04/10	2,00	1,64	2,22
19 ^a	05/10	1,99	1,64	2,21
20 ^a	06/10	2,03	1,64	2,22
21 ^a	07/10	2,00	1,72	2,34
22 ^a	08/10	2,18	1,87	2,38
23 ^a	09/10	2,24	1,88	2,45
24 ^a	10/10	2,23	1,83	2,57

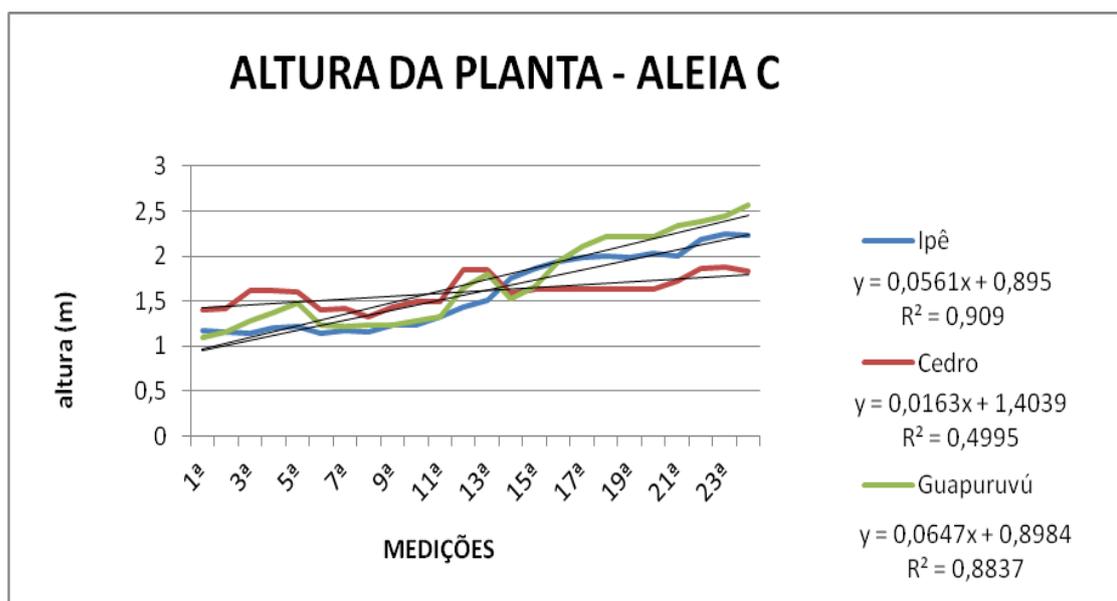


Figura 6. Crescimento em altura das árvores na aleia C.

TABELA 5. Medições médias das árvores (em m) na aleia D.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	1,22	1,34	1,01
2ª	12/08	1,22	1,47	1,13
3ª	01/09	1,18	1,67	1,26
4ª	02/09	1,21	1,63	1,38
5ª	03/09	1,23	1,65	1,47
6ª	04/09	1,20	1,47	1,23
7ª	05/09	1,20	1,38	1,22
8ª	06/09	1,19	1,38	1,26
9ª	07/09	1,28	1,48	1,28
10ª	08/09	1,21	1,52	1,36
11ª	09/09	1,28	1,53	1,43
12ª	10/09	1,35	1,89	1,92
13ª	11/09	1,44	1,90	2,13
14ª	12/09	1,65	1,66	1,96
15ª	01/10	1,81	1,70	2,27
16ª	02/10	1,91	1,74	2,74
17ª	03/10	1,96	1,73	2,92
18ª	04/10	1,97	1,74	3,01
19ª	05/10	1,94	1,75	3,04
20ª	06/10	1,97	1,73	3,17
21ª	07/10	2,03	1,87	3,29
22ª	08/10	2,07	1,97	3,46
23ª	09/10	2,13	1,88	3,54
24ª	10/10	2,19	2,07	3,87

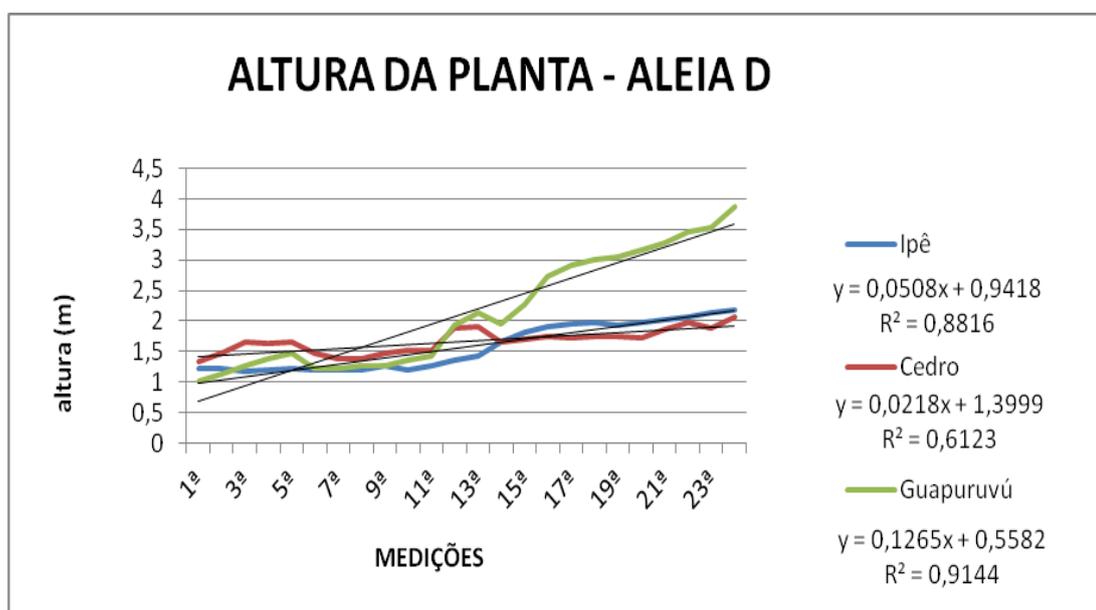


Figura 7. Crescimento em altura das árvores na aleia D

TABELA 6. Relação da mortalidade de mudas* na 23ª medição (10/10)

Mudas de árvores	Ipê	Cedro	Guapuruvú
Transplantadas	40	40	40
Mortas	0	1	7
% mortalidade	0.0%	2.5%	17.5%

* mudas com 23 meses de transplante.

5.2 Desenvolvimento do canavial

O canavial desenvolveu-se normalmente sem intercorrência e todas as práticas agrícolas convencionais foram empregadas sem maiores dificuldades. A produção média entre as diferentes larguras de faixa, sem considerar as espécies das árvores, variou entre 132.5 a 158.9 t/ha. Quando se analisa as espécies de árvores sem considerar as larguras das faixas a produção média variou entre 133,9 a 156,0 t/ha, sendo que a média geral de todo o experimento foi de 141,6 t/ha (Tabela 7). Considerando que o cultivo neste experimento simulou as técnicas de um cultivo comercial, os resultados gerais obtidos indicam uma produtividade média normal para canas em plantio de ano e meio. A produção em cada aléia nas três faixas diferentes de distância de cultivo de cana-de-açúcar é ilustrada nas figuras de 8 a 16.

TABELA 7. Produtividade média de cana-de-açúcar em t/ha nas diferentes faixas.

Faixas de plantio	Ipê	Cedro	Guapuruvú	Médias
20 linhas	134.8	138.9	125.8	133.2
30 linhas	198.2	137.1	141.4	158.9
40 linhas	134.9	128.2	134.6	132.6
Médias	156.0	134.7	133.9	141.6

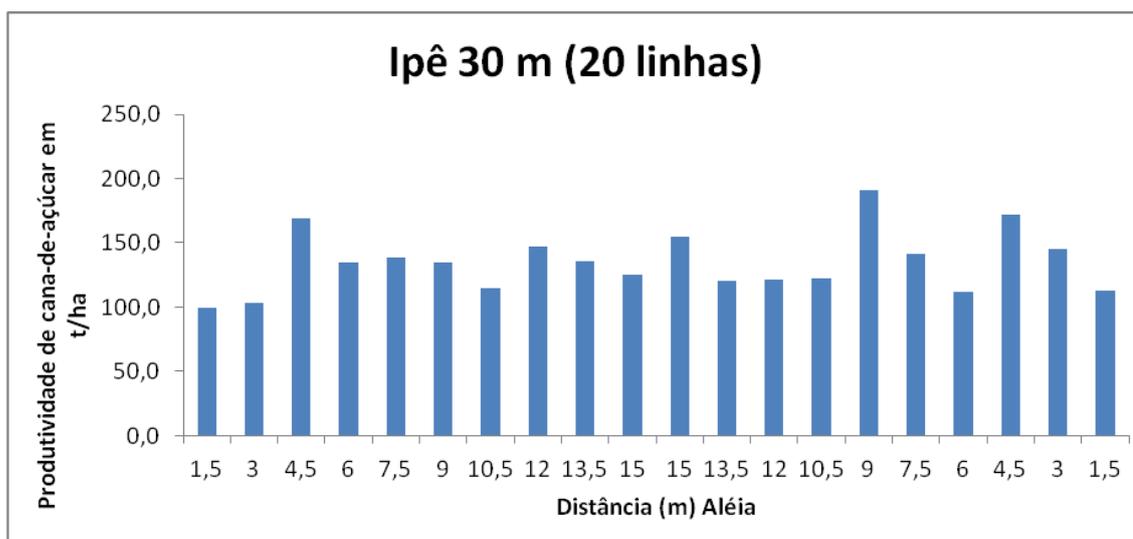


Figura 8: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Ipê (20 linhas)

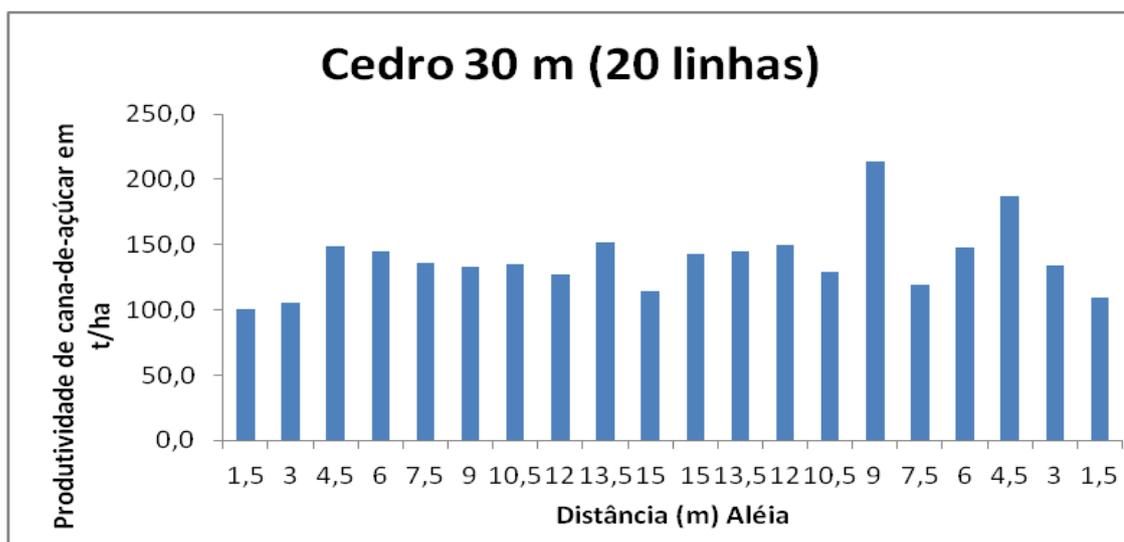


Figura 9: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Cedro (20 linhas)

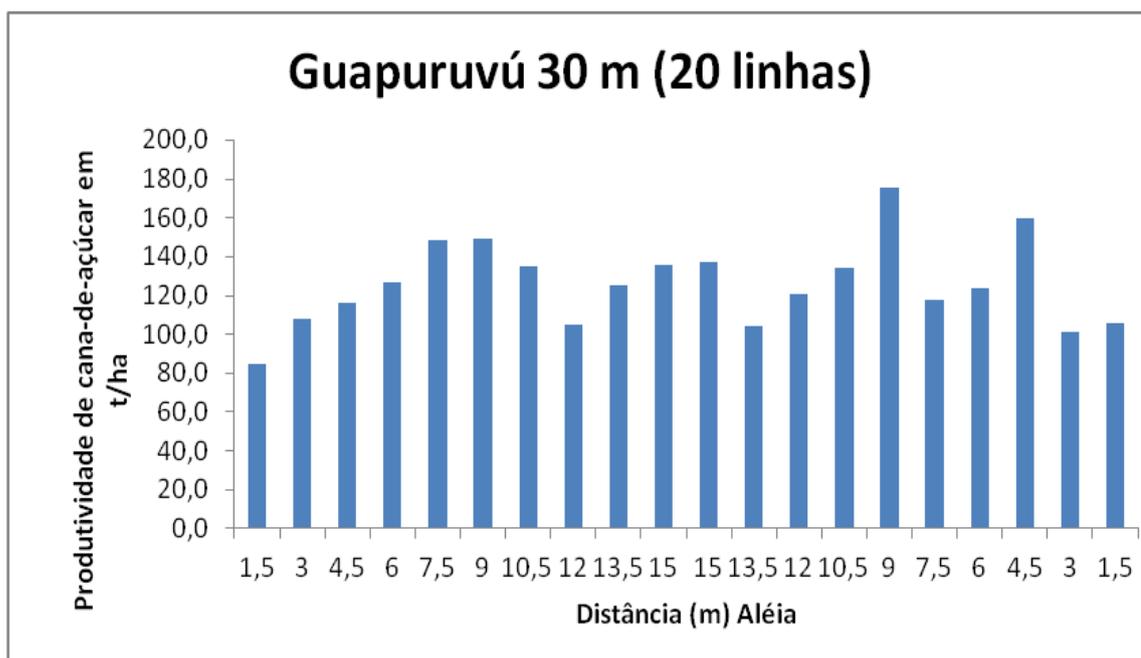


Figura 10: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Guapuruvú (20 linhas)

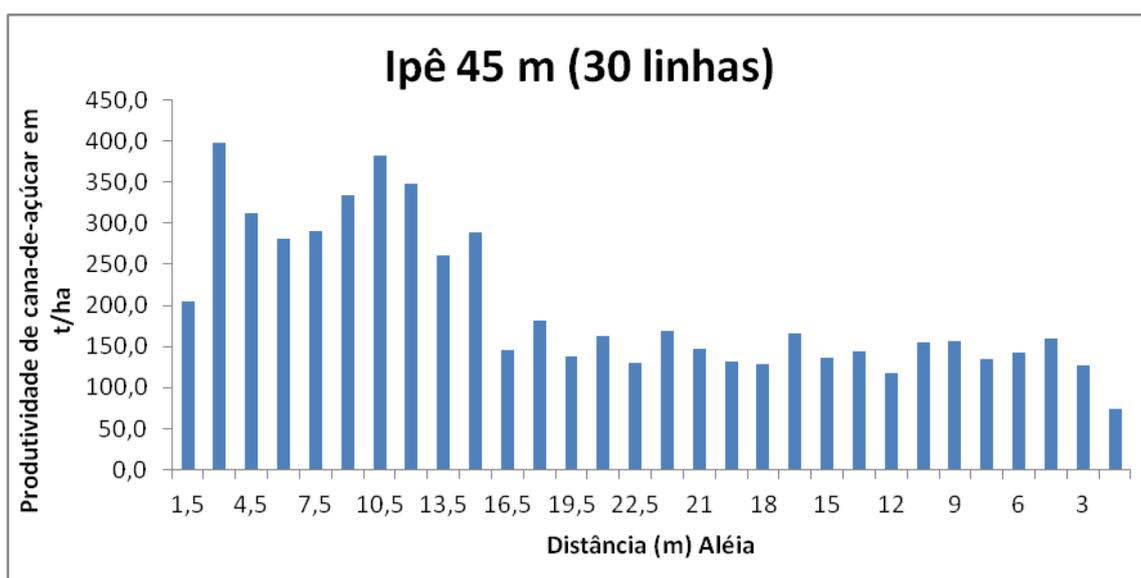


Figura 11: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Ipê (30 linhas).

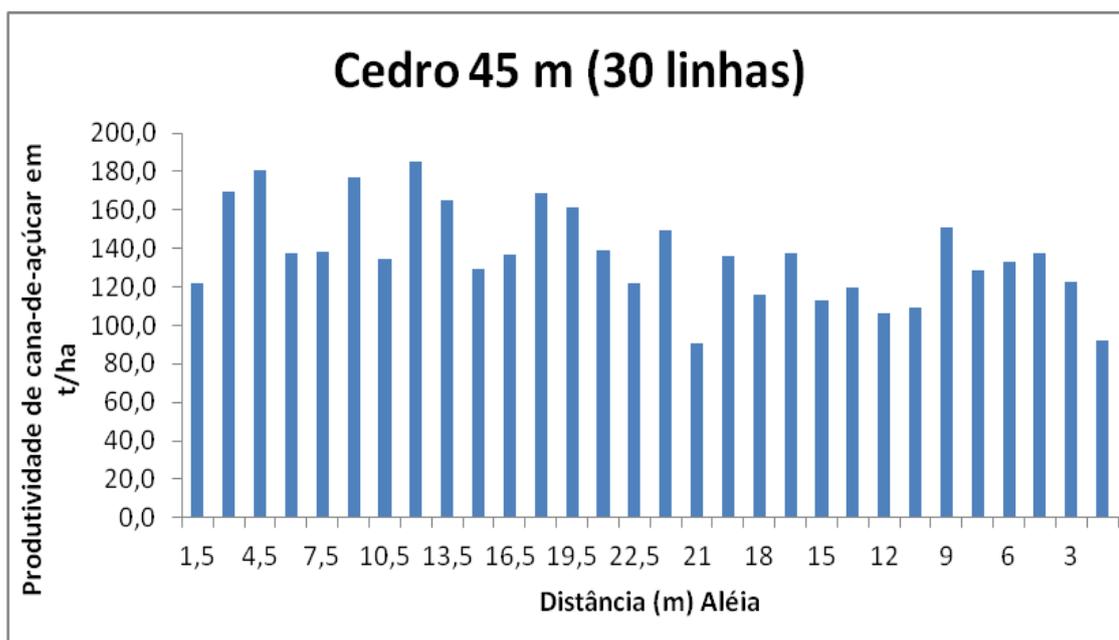


Figura 12: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Cedro (30 linhas).

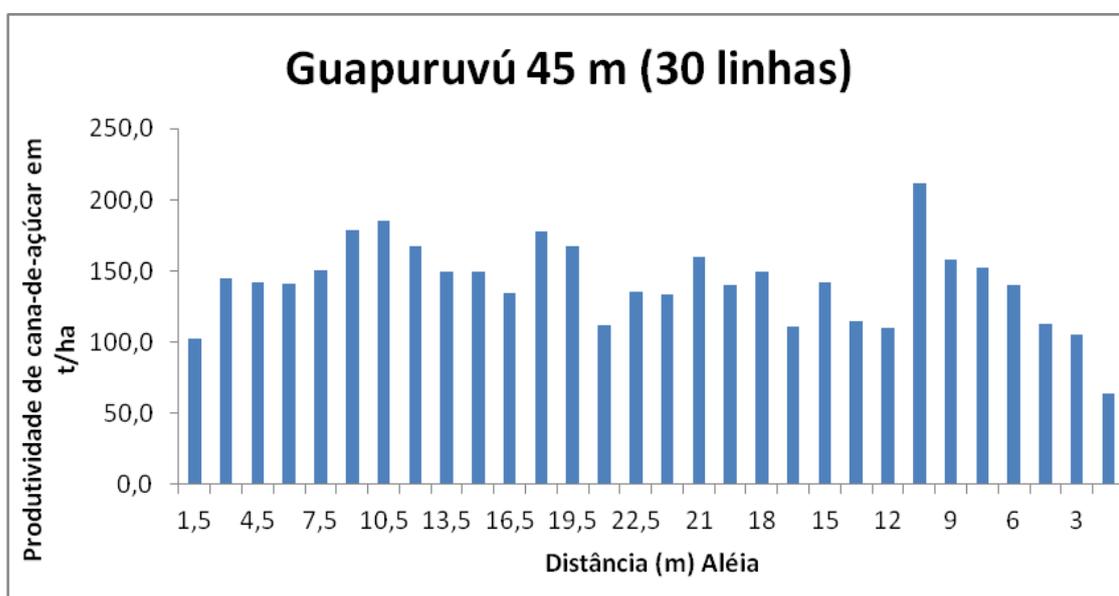


Figura 13: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Guapuruvú (30 linhas).

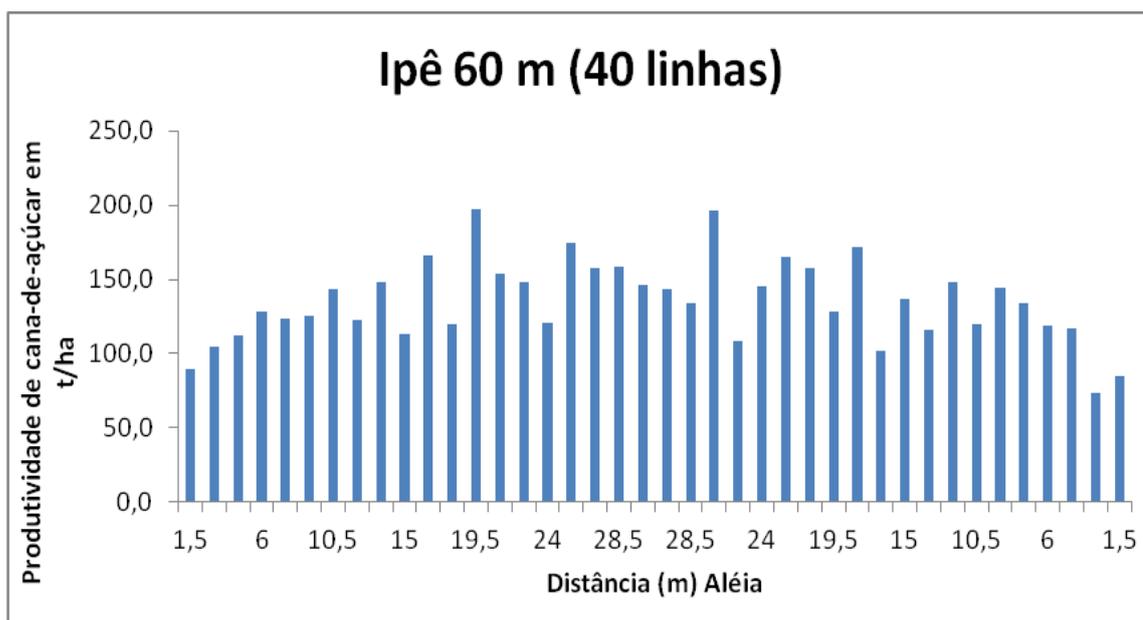


Figura 14: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Ipê (40 linhas).

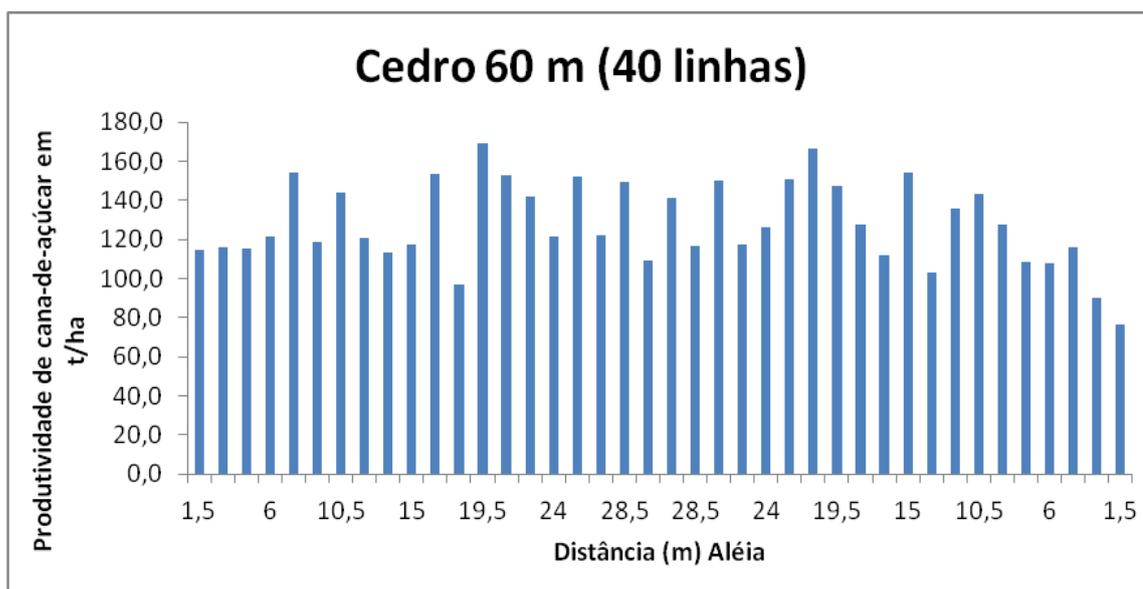


Figura 15: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Cedro (40 linhas).

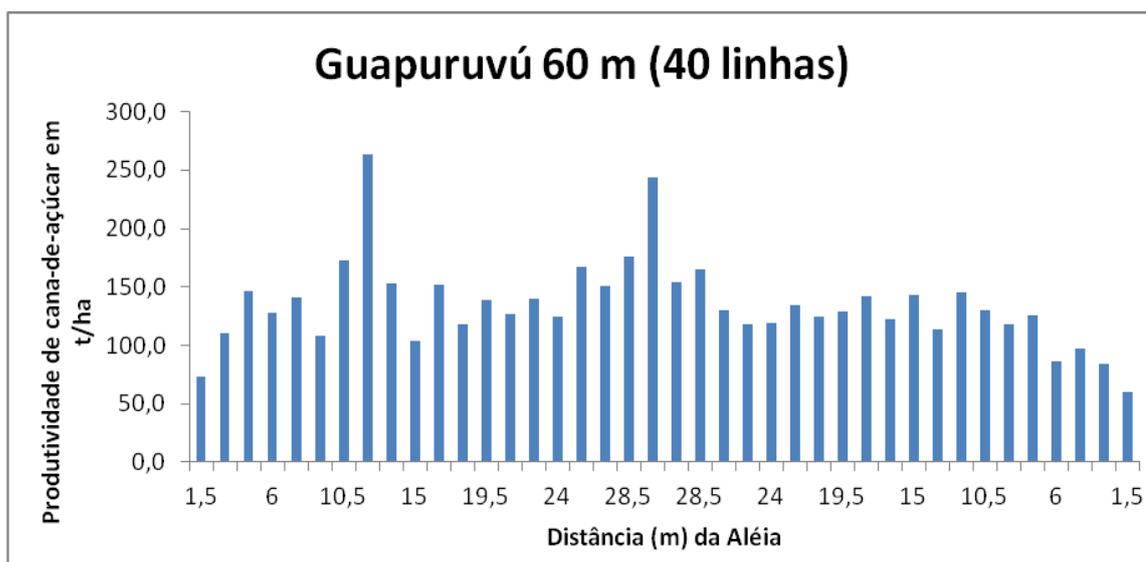


Figura 16: Produção em cada linha de cana-de-açúcar na aleia Guapuruvú (40 linhas).

5.2.1 Efeito das aleias na produtividade de cana-de-açúcar

5.2.1.1 Faixa 30 m

Para a análise dos resultados na faixa de 30 m (20 linhas de cultivo de cana-de-açúcar), de acordo com os dados contidos na Tabela 8, os resultados obtidos para o teste F indicam que, a regressão estimada não se mostrou estatisticamente significativa. Com base no coeficiente de determinação apenas 9% da variação ocorrida nos dados é explicada pela regressão.

TABELA 8. Análise da relação produtividade de cana-de-açúcar em t/ha nas diferentes linhas de plantio de cana-de-açúcar na faixa (30) em relação as espécie arbóreas.

<i>Variáveis</i>	<i>Coefficiente de Regressão</i>	<i>Valor de t</i>
X ₂ Cedro	4,054	0,539
X ₃ Guapuruvú	-9,090	-1,208
X ₄ Distância	1,085	1,521
Intercepto (Produtividade x distância)	125,885**	15.864
Coeficiente de determinação R ²	0,090	-
Valor de F	1,838	-

* indica significância ao nível de 5% de probabilidade.

** indica significância ao nível de 1% de probabilidade.

Os valores obtidos pelo teste t mostram que as variáveis x_2 (aleias de Cedro em faixa de 30 m) e x_3 (aleia de Guapuruvú em faixa de 30 m) não são estatisticamente diferentes de zero. O mesmo ocorre com a variável X_4 (distância).

Pode-se concluir que para o cultivo de cana-de-açúcar entre aleias em faixa de 30 m, as produtividades das linhas de cana não foram influenciadas pela presença das árvores em todas as distâncias estudadas. As figuras 8 a 10 ilustram esse aspecto.

5.2.1.2 Faixa 45 m

Para a análise dos resultados na faixa de 45 m (30 linhas de cultivo de cana-de-açúcar), de acordo com os dados contidos na Tabela 9, os resultados obtidos para o teste F indicam que, a regressão estimada não se mostrou estatisticamente significativa. Com base no coeficiente de determinação apenas 7,2% da variação ocorrida nos dados é explicada pela regressão.

TABELA 9. Análise da relação produtividade de cana-de-açúcar em t/ha nas diferentes linhas de plantio de cana-de-açúcar na faixa (45 m) em relação as espécie arbóreas.

<i>Variáveis</i>	<i>Coefficiente de Regressão</i>	<i>Valor de "t"</i>
X_2 Cedro	0,484	0,592
X_3 Guapuruvú	0,471	0,547
x_4 Distância	1,151	1,336
Intercepto (Produtividade x distância)	124,206**	18.526
Coeficiente de determinação R^2	0,072	-
Valor de F	1,439	-

* indica significância ao nível de 5% de probabilidade.

** indica significância ao nível de 1% de probabilidade.

Os valores obtidos pelo teste t mostram que as variáveis x_2 (aleias de Cedro em faixa de 45 m) e x_3 (aleia de Guapuruvú em faixa de 45 m) não são estatisticamente diferentes de zero. O mesmo ocorre com a variável X_4 (distância).

Pode-se concluir que para o cultivo de cana-de-açúcar entre aleias em faixa de 45 m entre elas, as produtividades das linhas de cana também não foram influenciadas pela presença das árvores em todas as distâncias estudadas. As figuras 11 a 13 ilustram esse aspecto.

5.2.1.3 Faixa 60 m

Para a análise dos resultados na faixa de 60 m (40 linhas de cultivo de cana-de-açúcar), de acordo com os dados contidos na Tabela 10, os resultados obtidos para o teste F indicam que, a regressão estimada é estatisticamente significativa ao nível de 1% de probabilidade. Embora o coeficiente de determinação explique apenas 25,1% da variação ocorrida nos dados analisados.

TABELA 10. Análise da relação produtividade de cana-de-açúcar em t/ha nas diferentes linhas de plantio de cana-de-açúcar na faixa (60 m) em relação as espécie estudadas.

<i>Variáveis</i>	<i>Coefficiente de Regressão</i>	<i>Valor de t</i>
X_2 Cedro	-6,402	-1,105
X_3 Guapuruvú	0,340	0,059
X_4 Distância	1,666**	6,093
Intercepto (Produtividade x distância)	108,341**	18,224
Coeficiente de determinação R^2	0,251	-
Valor de F	12,948**	-

* indica significância ao nível de 5% de probabilidade.

** indica significância ao nível de 1% de probabilidade.

Os valores obtidos pelo teste t mostram que as variáveis x_2 (aleias de Cedro em faixa de 60 m) e x_3 (aleia de Guapuruvú em faixa de 60 m) não são

estatisticamente diferentes de zero. O mesmo não ocorre com a variável X_4 (distância), que se mostrou significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Pode-se concluir, neste caso, que o cultivo de cana-de-açúcar entre aleias em faixa de 60 m, houve influência da distância das árvores na produtividade das linhas cultivo da cana. Essas diferenças aparentemente ocorreram nas linhas de cana mais próximas das árvores, como pode ser observado nas ilustrações das figuras 14 a 16.

5.3 Volume de madeira

O volume comercial da madeira foi obtido pela cubagem das árvores em pé, avaliando os resultados dos diâmetros na base e no primeiro galho além da altura do fuste (até o 1º galho) acompanhando o desenvolvimento das árvores com avaliações mensais. Os dados obtidos foram computados pelo programa Windows Microsoft Excel, aonde obteve a média de cada espécie arbórea em sua aleia.

O diâmetro da base do fuste das árvores estudadas teve o crescimento esperado, sendo notório a partir da 13ª medição. As tabelas 11 a 14 e as figuras 17 a 20 mostram que independentemente a aleia estudada, a espécie nativa guapuruvú tem crescimento constante e superior às demais espécies estudadas.

TABELA 11. Medições médias do diâmetro da base das árvores (m) na aleia A.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1 ^a	11/08	0,014	0,042	0,025
2 ^a	12/08	0,014	0,038	0,025
3 ^a	01/09	0,014	0,039	0,026
4 ^a	02/09	0,015	0,038	0,026
5 ^a	03/09	0,016	0,040	0,028
6 ^a	04/09	0,015	0,041	0,031
7 ^a	05/09	0,015	0,041	0,031
8 ^a	06/09	0,021	0,033	0,036
9 ^a	07/09	0,015	0,040	0,035
10 ^a	08/09	0,016	0,040	0,039
11 ^a	09/09	0,018	0,042	0,039
12 ^a	10/09	0,021	0,043	0,039
13 ^a	11/09	0,021	0,045	0,047
14 ^a	12/09	0,022	0,046	0,048
15 ^a	01/10	0,024	0,048	0,049
16 ^a	02/10	0,026	0,048	0,053
17 ^a	03/10	0,025	0,043	0,055
18 ^a	04/10	0,026	0,049	0,056
19 ^a	05/10	0,026	0,046	0,057
20 ^a	06/10	0,027	0,047	0,058
21 ^a	07/10	0,027	0,045	0,057
22 ^a	08/10	0,026	0,045	0,063
23 ^a	09/10	0,028	0,050	0,066
24 ^a	10/10	0,031	0,061	0,076

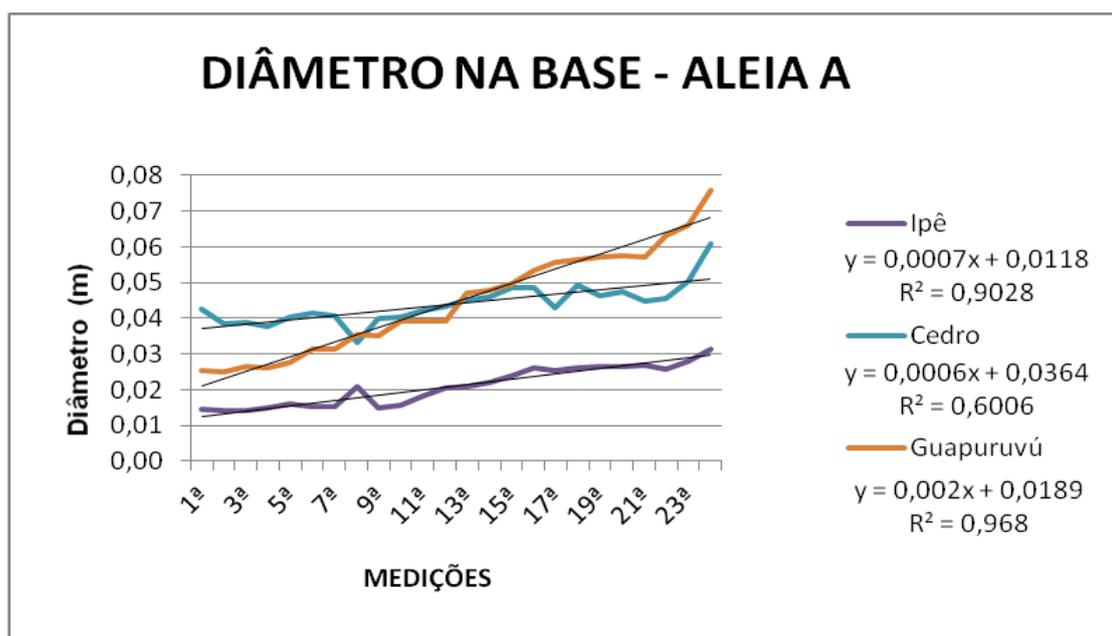


Figura 17: Crescimento do diâmetro da base das árvores na aleia A

TABELA 12. Medições médias do diâmetro da base das árvores (m) na aleia B.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,014	0,038	0,025
2ª	12/08	0,015	0,032	0,024
3ª	01/09	0,016	0,033	0,025
4ª	02/09	0,016	0,033	0,025
5ª	03/09	0,018	0,034	0,028
6ª	04/09	0,019	0,033	0,027
7ª	05/09	0,020	0,033	0,032
8ª	06/09	0,015	0,041	0,036
9ª	07/09	0,021	0,034	0,036
10ª	08/09	0,023	0,031	0,036
11ª	09/09	0,028	0,035	0,039
12ª	10/09	0,032	0,037	0,039
13ª	11/09	0,034	0,037	0,039
14ª	12/09	0,037	0,039	0,039
15ª	01/10	0,037	0,041	0,041
16ª	02/10	0,037	0,040	0,038
17ª	03/10	0,037	0,040	0,042
18ª	04/10	0,038	0,039	0,047
19ª	05/10	0,038	0,041	0,054
20ª	06/10	0,039	0,042	0,050
21ª	07/10	0,037	0,042	0,051
22ª	08/10	0,037	0,038	0,051
23ª	09/10	0,039	0,039	0,052
24ª	10/10	0,044	0,051	0,066

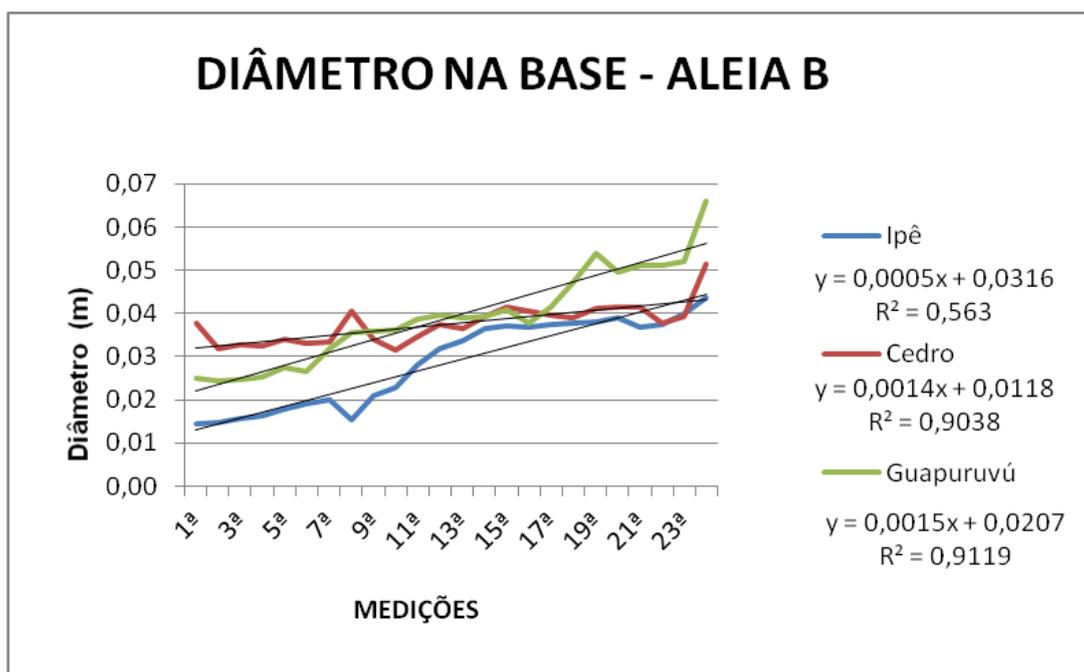


Figura 18: Crescimento do diâmetro da base das árvores na aleia B

TABELA 13. Medições médias do diâmetro da base das árvores (m) na aleia C.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,014	0,046	0,027
2ª	12/08	0,014	0,045	0,025
3ª	01/09	0,014	0,046	0,025
4ª	02/09	0,016	0,043	0,029
5ª	03/09	0,017	0,045	0,028
6ª	04/09	0,018	0,046	0,031
7ª	05/09	0,018	0,047	0,032
8ª	06/09	0,019	0,046	0,032
9ª	07/09	0,019	0,045	0,033
10ª	08/09	0,020	0,046	0,035
11ª	09/09	0,018	0,042	0,043
12ª	10/09	0,026	0,050	0,036
13ª	11/09	0,028	0,051	0,038
14ª	12/09	0,029	0,055	0,039
15ª	01/10	0,028	0,053	0,041
16ª	02/10	0,028	0,054	0,042
17ª	03/10	0,029	0,053	0,044
18ª	04/10	0,030	0,053	0,045
19ª	05/10	0,029	0,051	0,045
20ª	06/10	0,029	0,053	0,048
21ª	07/10	0,028	0,049	0,046
22ª	08/10	0,029	0,050	0,046
23ª	09/10	0,032	0,049	0,050
24ª	10/10	0,031	0,055	0,056

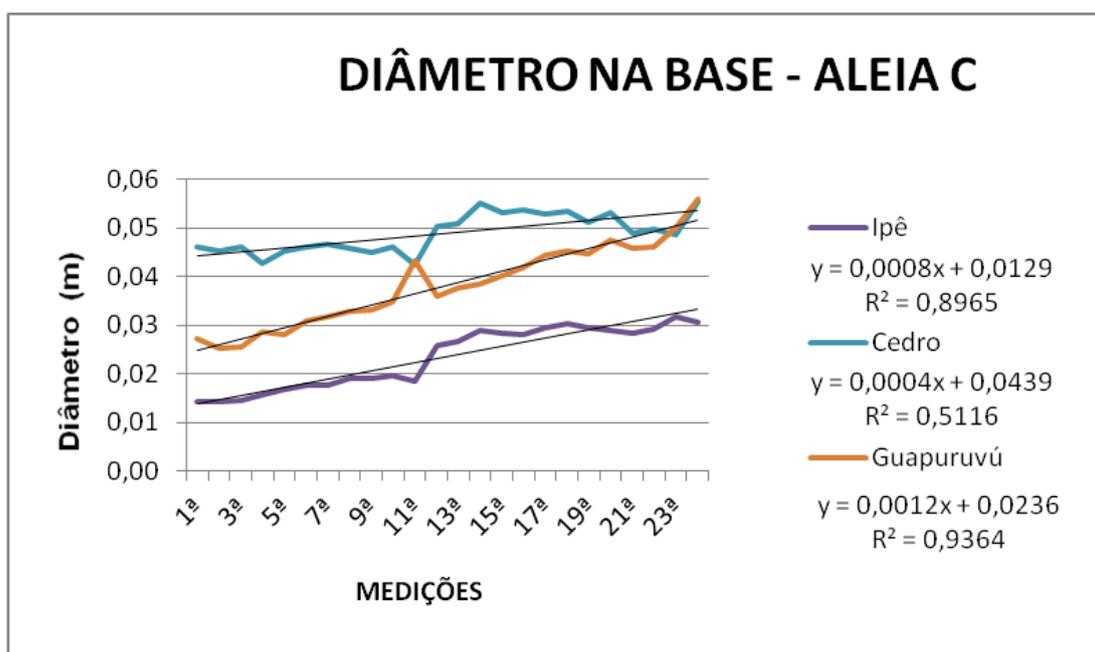


Figura 19: Crescimento do diâmetro da base das árvores na aleia C

TABELA 14. Medições médias do diâmetro da base das árvores (m) na aleia D.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1 ^a	11/08	0,015	0,041	0,025
2 ^a	12/08	0,014	0,041	0,024
3 ^a	01/09	0,014	0,041	0,027
4 ^a	02/09	0,014	0,040	0,029
5 ^a	03/09	0,014	0,041	0,031
6 ^a	04/09	0,015	0,043	0,034
7 ^a	05/09	0,014	0,043	0,034
8 ^a	06/09	0,016	0,042	0,035
9 ^a	07/09	0,015	0,043	0,037
10 ^a	08/09	0,017	0,045	0,037
11 ^a	09/09	0,020	0,046	0,039
12 ^a	10/09	0,025	0,052	0,044
13 ^a	11/09	0,024	0,049	0,047
14 ^a	12/09	0,025	0,052	0,051
15 ^a	01/10	0,026	0,052	0,052
16 ^a	02/10	0,027	0,053	0,059
17 ^a	03/10	0,027	0,052	0,063
18 ^a	04/10	0,027	0,053	0,063
19 ^a	05/10	0,027	0,051	0,063
20 ^a	06/10	0,027	0,052	0,064
21 ^a	07/10	0,025	0,047	0,063
22 ^a	08/10	0,026	0,047	0,067
23 ^a	09/10	0,028	0,049	0,072
24 ^a	10/10	0,032	0,058	0,087

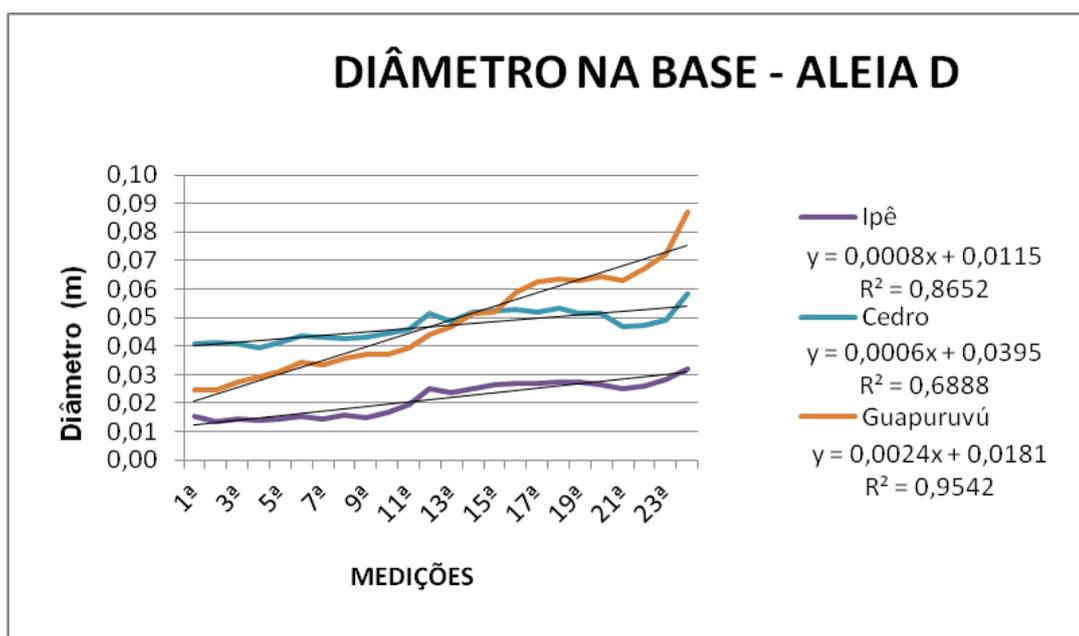


Figura 20: Crescimento do diâmetro da base das árvores na aleia D

O diâmetro do primeiro galho da fuste das árvores em estudo apresentou pouca variação durante as medições, sendo que o guapuruvú e o cedro apresentam quedas de suas folhas, mantendo essa medição em valores pequenos e pouco variável. O ipê amarelo por apresentar o primeiro galho fixo, sendo que também não foi efetuado nenhum desbaste mecânico, ao longo das medições apresentou valores constantes de crescimento. Nas Tabelas 15 a 18 e figuras 21 a 24 ilustra a evolução dos resultados obtidos em campo.

TABELA 15. Medições médias do diâmetro no 1º galho das árvores (m) na aleia A.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,012	0,017	0,007
2ª	12/08	0,013	0,022	0,016
3ª	01/09	0,013	0,020	0,015
4ª	02/09	0,012	0,019	0,016
5ª	03/09	0,011	0,023	0,017
6ª	04/09	0,013	0,020	0,017
7ª	05/09	0,014	0,023	0,017
8ª	06/09	0,014	0,018	0,021
9ª	07/09	0,013	0,022	0,022
10ª	08/09	0,013	0,020	0,026
11ª	09/09	0,015	0,023	0,027
12ª	10/09	0,015	0,022	0,028
13ª	11/09	0,017	0,023	0,030
14ª	12/09	0,021	0,025	0,034
15ª	01/10	0,020	0,026	0,037
16ª	02/10	0,021	0,025	0,037
17ª	03/10	0,022	0,025	0,037
18ª	04/10	0,022	0,022	0,039
19ª	05/10	0,022	0,026	0,037
20ª	06/10	0,023	0,028	0,031
21ª	07/10	0,022	0,026	0,036
22ª	08/10	0,022	0,024	0,039
23ª	09/10	0,024	0,030	0,036
24ª	10/10	0,028	0,035	0,043

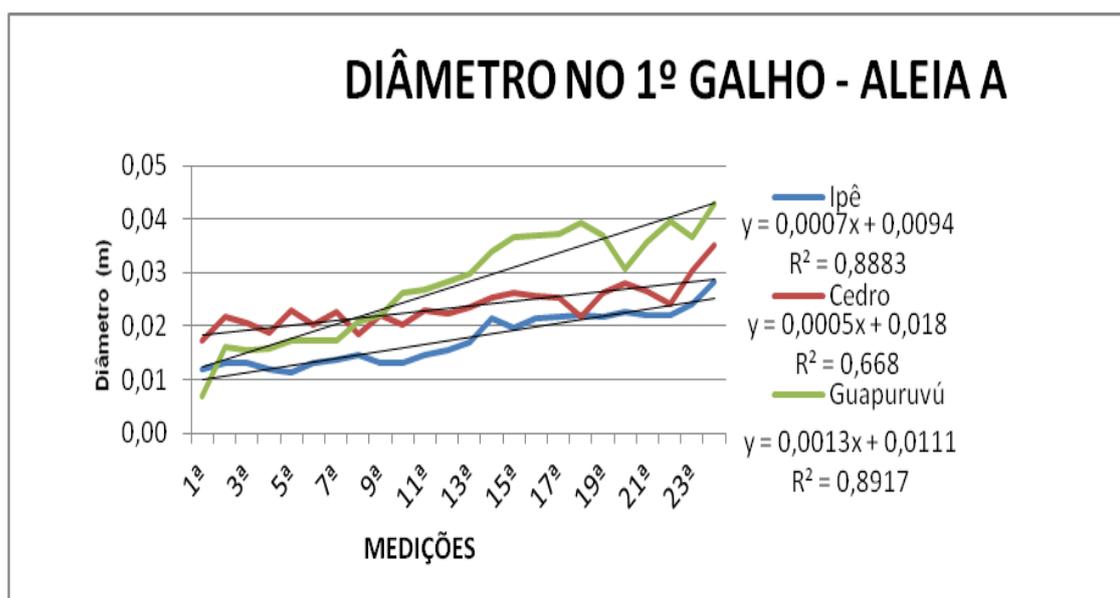


Figura 21: Crescimento do diâmetro no 1º galho das árvores na aleia A

TABELA 16. Medições médias do diâmetro no 1º galho das árvores (m) na aleia B.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,012	0,020	0,009
2ª	12/08	0,012	0,020	0,016
3ª	01/09	0,013	0,019	0,014
4ª	02/09	0,012	0,018	0,016
5ª	03/09	0,015	0,021	0,016
6ª	04/09	0,013	0,019	0,016
7ª	05/09	0,015	0,019	0,018
8ª	06/09	0,013	0,022	0,021
9ª	07/09	0,016	0,020	0,025
10ª	08/09	0,018	0,021	0,024
11ª	09/09	0,021	0,021	0,025
12ª	10/09	0,021	0,022	0,025
13ª	11/09	0,024	0,022	0,023
14ª	12/09	0,028	0,024	0,022
15ª	01/10	0,028	0,024	0,026
16ª	02/10	0,028	0,024	0,025
17ª	03/10	0,029	0,025	0,023
18ª	04/10	0,029	0,024	0,026
19ª	05/10	0,021	0,024	0,025
20ª	06/10	0,030	0,025	0,029
21ª	07/10	0,028	0,024	0,026
22ª	08/10	0,029	0,024	0,023
23ª	09/10	0,032	0,026	0,024
24ª	10/10	0,038	0,029	0,028

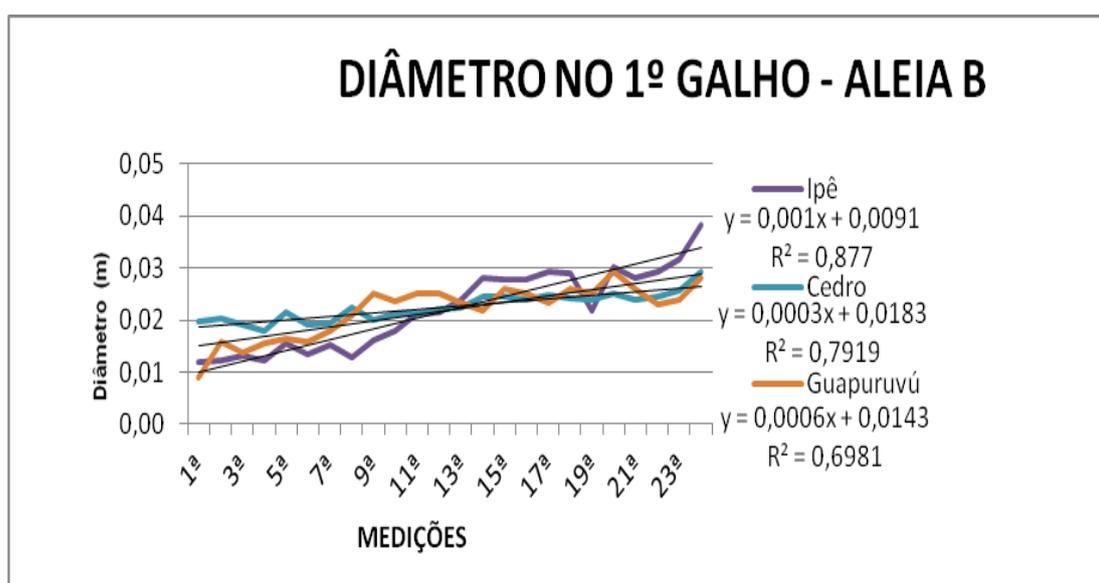


Figura 22: Crescimento do diâmetro no 1º galho das árvores na aleia B

TABELA 17. Medições médias do diâmetro no 1º galho das árvores (m) na aleia C.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,011	0,020	0,007
2ª	12/08	0,011	0,021	0,017
3ª	01/09	0,013	0,021	0,015
4ª	02/09	0,012	0,019	0,016
5ª	03/09	0,013	0,018	0,017
6ª	04/09	0,014	0,020	0,016
7ª	05/09	0,015	0,020	0,016
8ª	06/09	0,014	0,021	0,019
9ª	07/09	0,013	0,020	0,021
10ª	08/09	0,015	0,020	0,024
11ª	09/09	0,015	0,023	0,027
12ª	10/09	0,019	0,024	0,022
13ª	11/09	0,020	0,025	0,023
14ª	12/09	0,022	0,027	0,022
15ª	01/10	0,023	0,025	0,025
16ª	02/10	0,023	0,025	0,026
17ª	03/10	0,024	0,024	0,027
18ª	04/10	0,023	0,024	0,028
19ª	05/10	0,024	0,023	0,028
20ª	06/10	0,024	0,024	0,029
21ª	07/10	0,023	0,023	0,027
22ª	08/10	0,023	0,021	0,028
23ª	09/10	0,025	0,024	0,027
24ª	10/10	0,028	0,029	0,022

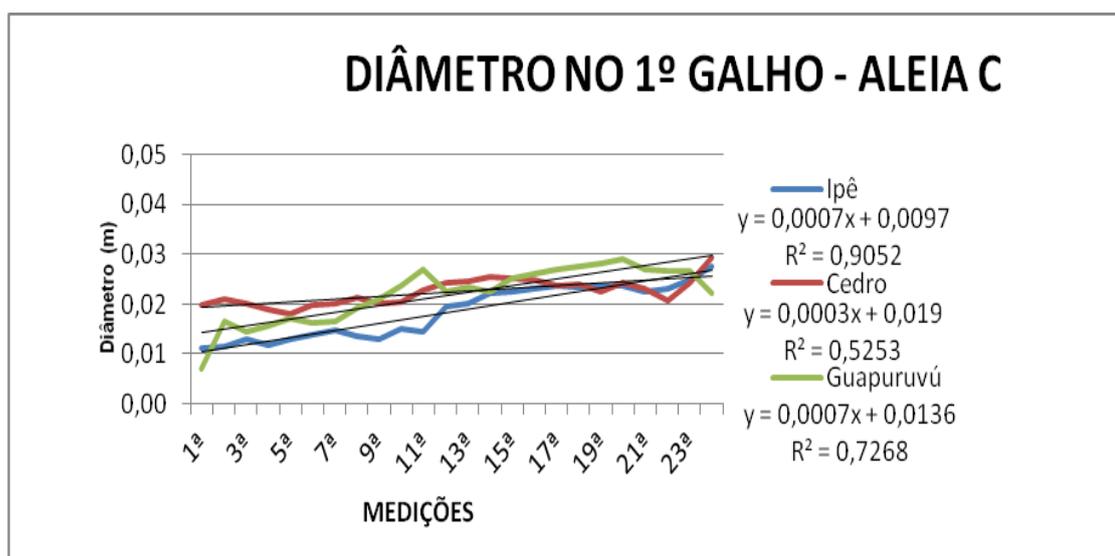


Figura 23: Crescimento do diâmetro no 1º galho das árvores na aleia C

TABELA 18. Medições médias do diâmetro no 1º galho das árvores (m) na aleia D.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,010	0,018	0,003
2ª	12/08	0,012	0,023	0,015
3ª	01/09	0,013	0,023	0,016
4ª	02/09	0,012	0,021	0,017
5ª	03/09	0,012	0,020	0,017
6ª	04/09	0,012	0,020	0,017
7ª	05/09	0,012	0,019	0,018
8ª	06/09	0,012	0,022	0,019
9ª	07/09	0,012	0,020	0,022
10ª	08/09	0,012	0,018	0,025
11ª	09/09	0,015	0,022	0,027
12ª	10/09	0,017	0,023	0,029
13ª	11/09	0,018	0,025	0,030
14ª	12/09	0,019	0,025	0,033
15ª	01/10	0,020	0,025	0,037
16ª	02/10	0,021	0,025	0,042
17ª	03/10	0,017	0,022	0,044
18ª	04/10	0,022	0,023	0,044
19ª	05/10	0,021	0,022	0,045
20ª	06/10	0,021	0,025	0,048
21ª	07/10	0,020	0,024	0,043
22ª	08/10	0,021	0,024	0,044
23ª	09/10	0,023	0,028	0,046
24ª	10/10	0,028	0,035	0,047

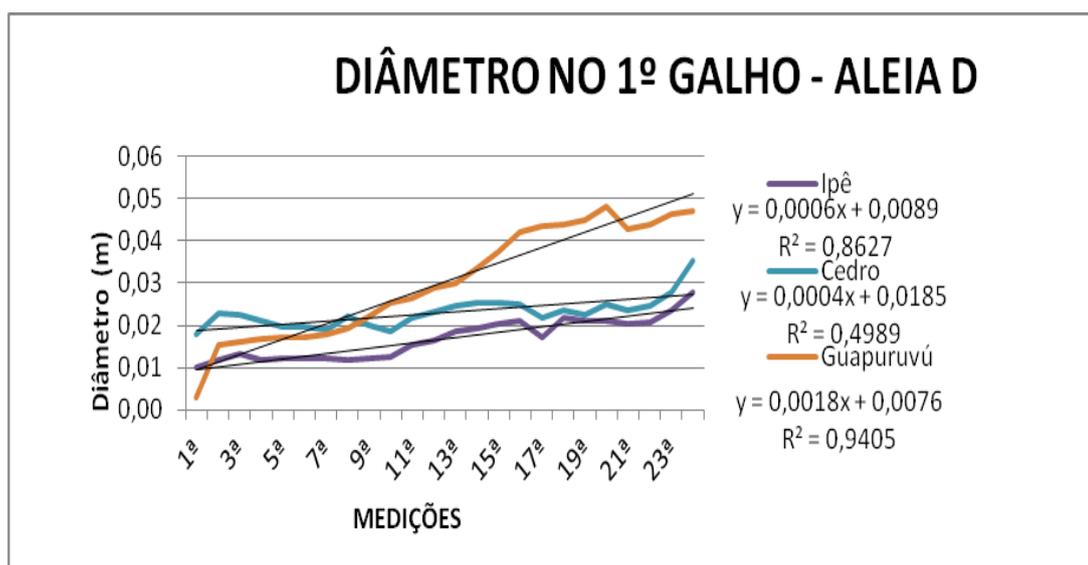


Figura 24: Crescimento do diâmetro no 1º galho das árvores na aleia D

As Tabelas 19 a 22 e as figuras 25 a 28 que referem as altura do fuste até o primeiro galho da planta mostram que apenas a espécie guapuruvú tem crescimento interessante principalmente a partir da 13ª medição. O cedro e o ipê amarelo mantêm estabilizado desde o plantio até a última medição deste estudo.

TABELA 19. Medições médias da altura até o 1º galho das árvores na aleia A.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,41	1,06	1,05
2ª	12/08	0,28	0,98	0,96
3ª	01/09	0,26	1,04	0,92
4ª	02/09	0,29	1,11	0,95
5ª	03/09	0,37	0,85	1,04
6ª	04/09	0,29	1,13	1,11
7ª	05/09	0,30	0,98	1,12
8ª	06/09	0,40	0,94	1,00
9ª	07/09	0,29	0,99	1,18
10ª	08/09	0,32	1,02	1,21
11ª	09/09	0,31	1,00	1,30
12ª	10/09	0,33	0,99	1,31
13ª	11/09	0,33	1,21	1,35
14ª	12/09	0,36	1,23	1,42
15ª	01/10	0,34	1,26	1,47
16ª	02/10	0,41	1,15	1,63
17ª	03/10	0,32	1,16	1,88
18ª	04/10	0,32	1,15	2,01
19ª	05/10	0,33	1,25	2,09
20ª	06/10	0,31	0,98	2,52
21ª	07/10	0,30	1,28	2,62
22ª	08/10	0,31	1,29	2,58
23ª	09/10	0,33	1,30	2,75
24ª	10/10	0,32	1,34	2,88

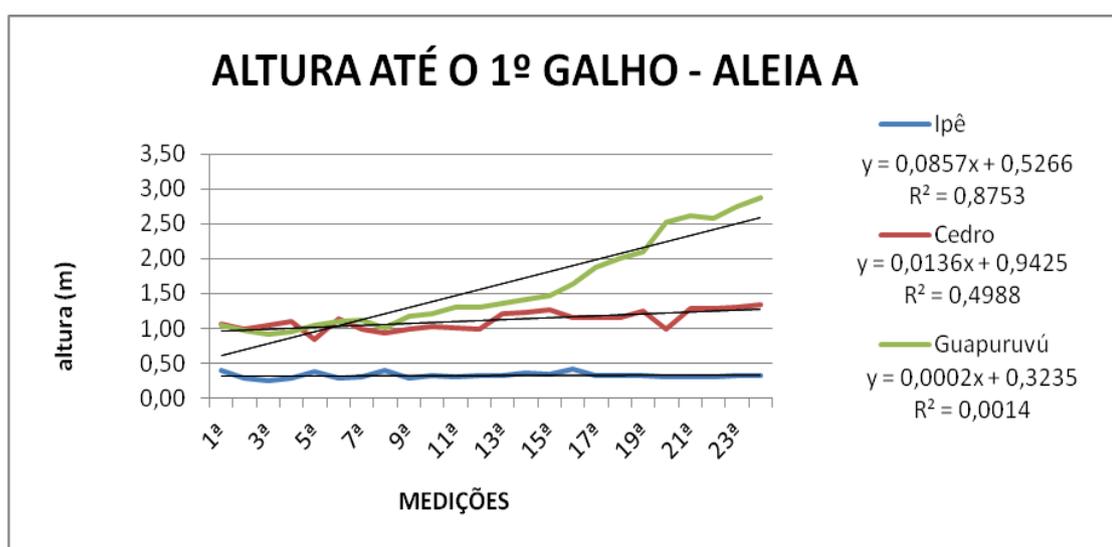


Figura 25: Crescimento da altura até o 1º galho das árvores na aleia A

TABELA 20. Medições médias de crescimento da altura até o 1º galho das árvores na aleia B.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,29	0,92	1,20
2ª	12/08	0,36	0,88	0,81
3ª	01/09	0,35	0,95	0,91
4ª	02/09	0,33	0,99	0,92
5ª	03/09	0,42	0,96	0,91
6ª	04/09	0,41	0,95	0,73
7ª	05/09	0,40	0,93	0,89
8ª	06/09	0,29	0,93	1,00
9ª	07/09	0,38	0,84	1,04
10ª	08/09	0,38	0,96	1,13
11ª	09/09	0,39	0,85	1,15
12ª	10/09	0,57	0,91	1,24
13ª	11/09	0,56	0,93	1,25
14ª	12/09	0,54	0,87	1,35
15ª	01/10	0,54	0,98	1,30
16ª	02/10	0,58	0,92	1,33
17ª	03/10	0,55	0,87	1,49
18ª	04/10	0,56	0,90	1,70
19ª	05/10	0,56	0,96	2,07
20ª	06/10	0,57	0,97	2,18
21ª	07/10	0,52	0,99	2,20
22ª	08/10	0,54	0,99	2,20
23ª	09/10	0,54	1,12	2,20
24ª	10/10	0,55	1,35	2,75

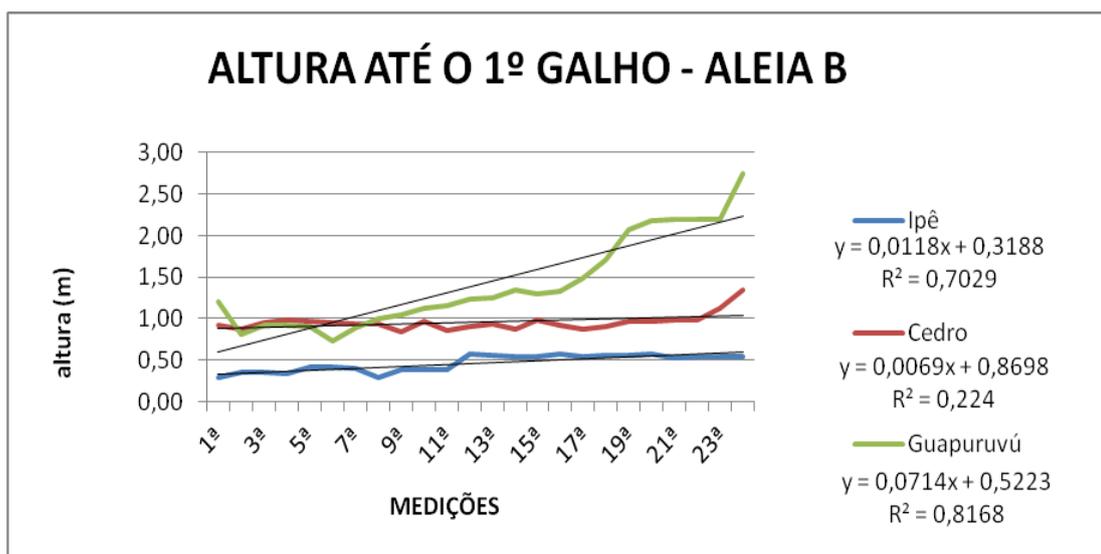


Figura 26: Crescimento da altura até o 1º galho das árvores na aleia B

TABELA 21. Medições médias da altura até o 1º galho das árvores na aleia C.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,34	0,66	0,89
2ª	12/08	0,31	0,96	0,91
3ª	01/09	0,32	1,00	0,91
4ª	02/09	0,31	1,09	0,96
5ª	03/09	0,32	1,15	1,00
6ª	04/09	0,39	1,07	1,11
7ª	05/09	0,39	1,04	1,10
8ª	06/09	0,38	0,87	1,09
9ª	07/09	0,38	1,06	1,43
10ª	08/09	0,37	1,12	1,14
11ª	09/09	0,31	1,00	1,30
12ª	10/09	0,41	1,17	1,12
13ª	11/09	0,39	1,07	1,13
14ª	12/09	0,40	1,24	1,20
15ª	01/10	0,41	1,24	1,20
16ª	02/10	0,40	1,33	1,27
17ª	03/10	0,41	1,26	1,28
18ª	04/10	0,39	1,25	1,57
19ª	05/10	0,41	1,27	1,62
20ª	06/10	0,41	1,21	1,88
21ª	07/10	0,41	1,28	2,04
22ª	08/10	0,40	1,35	2,16
23ª	09/10	0,38	1,25	2,21
24ª	10/10	0,40	1,37	2,30

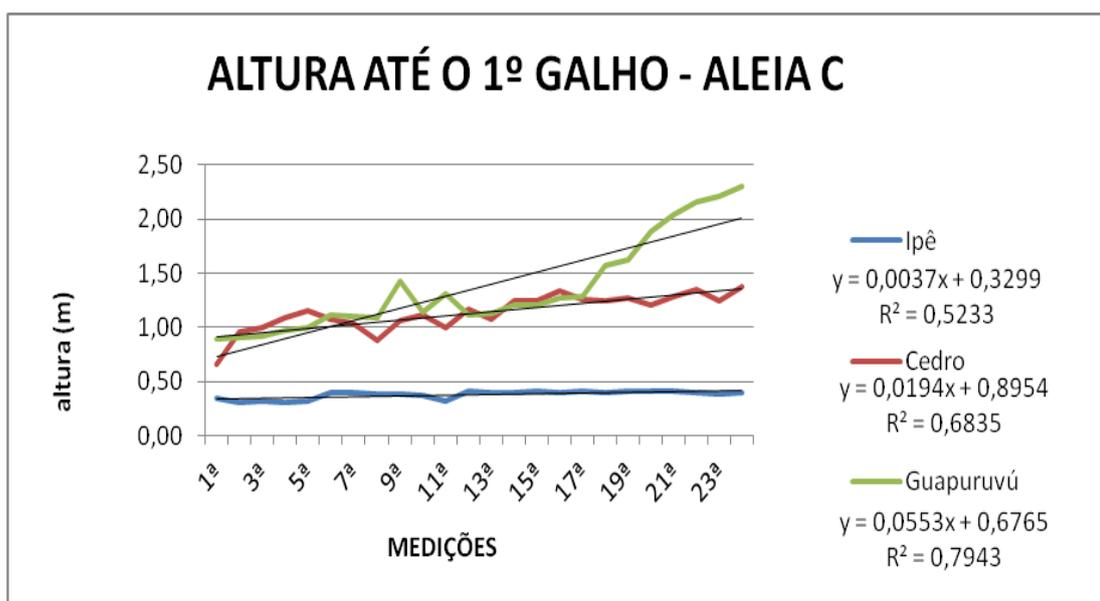


Figura 27: Crescimento da altura até o 1º galho das árvores na aleia C

TABELA 22. Medições médias da altura até o 1º galho das árvores na aleia D.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	0,32	0,92	0,96
2ª	12/08	0,27	0,88	0,93
3ª	01/09	0,30	0,93	0,96
4ª	02/09	0,26	1,09	0,95
5ª	03/09	0,35	1,02	1,08
6ª	04/09	0,29	1,10	1,10
7ª	05/09	0,28	0,93	1,10
8ª	06/09	0,34	0,95	1,13
9ª	07/09	0,37	1,20	1,19
10ª	08/09	0,39	1,23	1,23
11ª	09/09	0,37	1,21	1,29
12ª	10/09	0,43	1,23	1,24
13ª	11/09	0,50	1,26	1,27
14ª	12/09	0,46	1,40	1,35
15ª	01/10	0,45	1,47	1,38
16ª	02/10	0,48	1,48	1,55
17ª	03/10	0,47	1,58	1,83
18ª	04/10	0,48	1,61	1,99
19ª	05/10	0,44	1,59	2,02
20ª	06/10	0,44	1,53	2,43
21ª	07/10	0,46	1,46	2,86
22ª	08/10	0,44	1,54	2,97
23ª	09/10	0,45	1,34	3,02
24ª	10/10	0,45	1,23	3,71

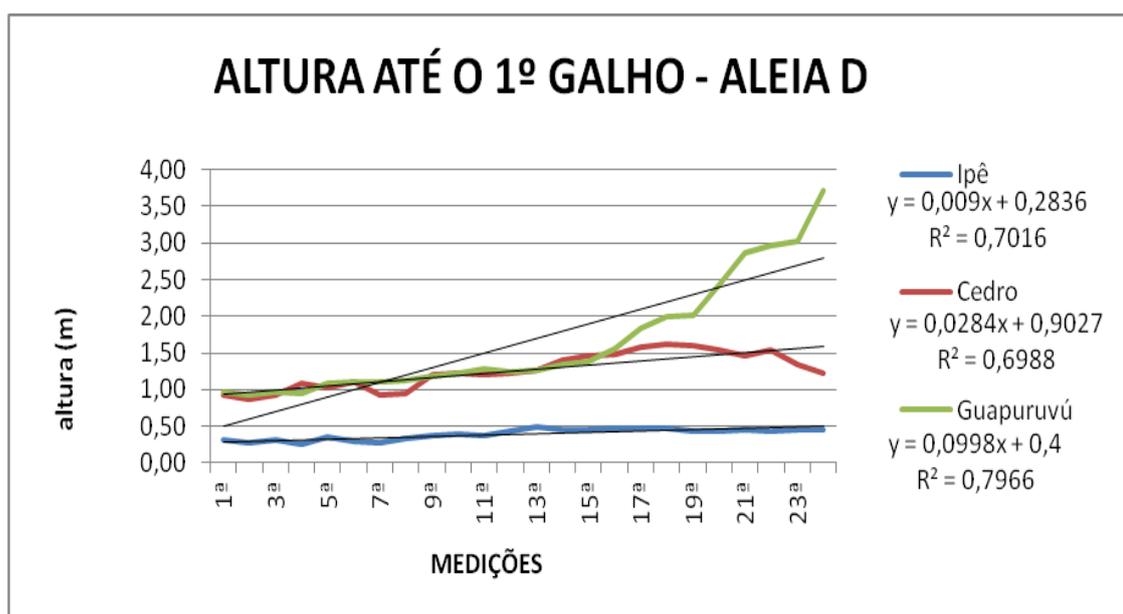


Figura 28: Crescimento da altura até o 1º galho das árvores na aleia D

O volume de madeira na secção comercial obtido nas medições dos primeiros 24 meses, não foi expressivo, uma vez que abrangeu a fase inicial do desenvolvimento vegetativo das árvores, inviabilizando para utilização comercial. Apesar disso foi possível detectar diferenças de comportamento entre as espécies estudadas a partir do 12º mês de observação (Figuras 29 a 32). Notadamente pode ser observada que o guapuruvú, apresentou um aumento em seu volume maior quando comparado ao cedro e ao ipê amarelo respectivamente. O guapuruvú apresentou interessante volume de madeira no final do ciclo de medições em 24 meses. As Tabelas 23 a 26 demonstram os resultados médios obtidos em cada aleia.

TABELA 23. Medições médias do volume obtido de madeira em m³ das árvores na aleia A.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1 ^a	11/08	5,56385E-05	0,000871486	0,000287478
2 ^a	12/08	4,17924E-05	0,000752160	0,000334382
3 ^a	01/09	3,68372E-05	0,000794347	0,000340140
4 ^a	02/09	4,09818E-05	0,000777832	0,000345687
5 ^a	03/09	5,63827E-05	0,000720002	0,000438016
6 ^a	04/09	4,55885E-05	0,000948792	0,000555997
7 ^a	05/09	4,83276E-05	0,000840065	0,000561805
8 ^a	06/09	0,000102298	0,000535671	0,000667590
9 ^a	07/09	4,48699E-05	0,000810203	0,000791927
10 ^a	08/09	5,37658E-05	0,000811579	0,001058829
11 ^a	09/09	6,80314E-05	0,000907681	0,001157431
12 ^a	10/09	8,66627E-05	0,000922360	0,001202512
13 ^a	11/09	9,36191E-05	0,001230968	0,001638726
14 ^a	12/09	0,000135023	0,001328810	0,001913404
15 ^a	01/10	0,000129251	0,001498755	0,002191971
16 ^a	02/10	0,000185792	0,001355944	0,002696854
17 ^a	03/10	0,000140794	0,001129947	0,003301231
18 ^a	04/10	0,000148193	0,001310278	0,003723729
19 ^a	05/10	0,000152028	0,001391223	0,003784126
20 ^a	06/10	0,000148866	0,001167877	0,004221304
21 ^a	07/10	0,000143310	0,001363691	0,004689381
22 ^a	08/10	0,000139778	0,001345429	0,005614824
23 ^a	09/10	0,000176143	0,001770622	0,006185746
24 ^a	10/10	0,000223833	0,002589856	0,008589356

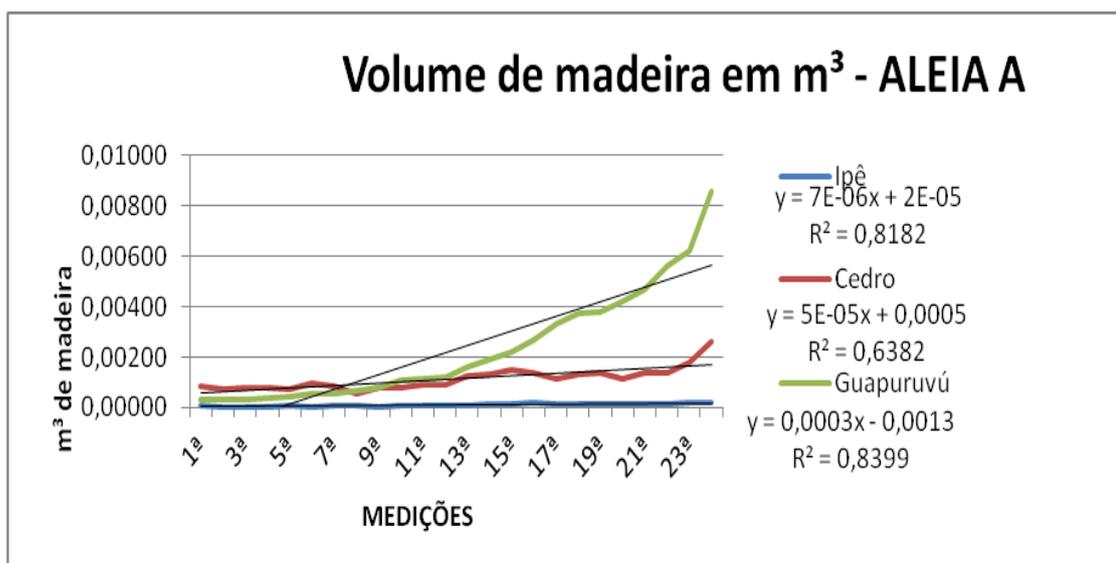


Figura 29: Volume obtido de madeira em m³ das árvores na aleia A

TABELA 24. Medições médias do volume obtido de madeira em m³ das árvores na aleia B.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1 ^a	11/08	4,00945E-05	0,000651698	0,000330344
2 ^a	12/08	5,19396E-05	0,000492715	0,000270458
3 ^a	01/09	5,75610E-05	0,000537265	0,000286828
4 ^a	02/09	5,51207E-05	0,000535268	0,000320659
5 ^a	03/09	9,22517E-05	0,000608773	0,000368335
6 ^a	04/09	8,86911E-05	0,000543960	0,000278355
7 ^a	05/09	9,89895E-05	0,000548243	0,000469424
8 ^a	06/09	4,61590E-05	0,000794103	0,000667590
9 ^a	07/09	0,000104011	0,000515521	0,000784552
10 ^a	08/09	0,000126197	0,000543040	0,000825452
11 ^a	09/09	0,000190571	0,000551176	0,000964380
12 ^a	10/09	0,000331250	0,000672817	0,001068992
13 ^a	11/09	0,000377906	0,000670838	0,001016946
14 ^a	12/09	0,000451508	0,000732748	0,001068905
15 ^a	01/10	0,000454194	0,000891923	0,001197580
16 ^a	02/10	0,000484071	0,000797242	0,001079273
17 ^a	03/10	0,000487886	0,000744197	0,001332980
18 ^a	04/10	0,000495849	0,000745603	0,001925997
19 ^a	05/10	0,000422781	0,000855263	0,002886601
20 ^a	06/10	0,000546357	0,000897278	0,002854576
21 ^a	07/10	0,000437783	0,000896728	0,002831131
22 ^a	08/10	0,000478329	0,000786954	0,002704132
23 ^a	09/10	0,000549351	0,000973265	0,002833723
24 ^a	10/10	0,000727638	0,001855746	0,005550815

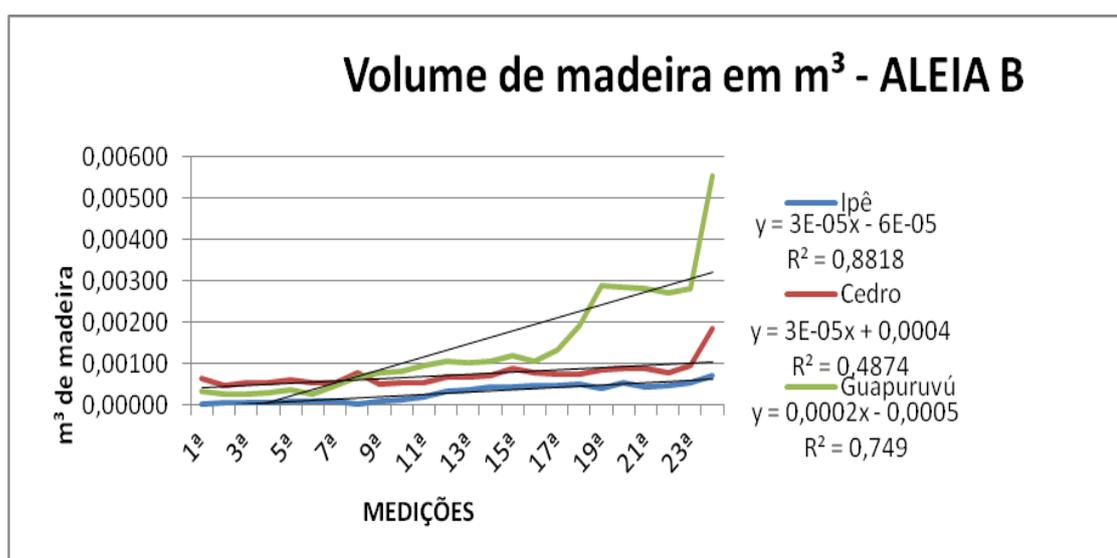
Figura 30: Volume obtido de madeira em m³ das árvores na aleia B

TABELA 25. Medições médias do volume obtido de madeira em m³ das árvores na aleia C.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1 ^a	11/08	4,36252E-05	0,000655776	0,000274913
2 ^a	12/08	4,10764E-05	0,000932087	0,000325767
3 ^a	01/09	4,70368E-05	0,000993859	0,000309563
4 ^a	02/09	4,65032E-05	0,000935185	0,000402961
5 ^a	03/09	5,81743E-05	0,001072685	0,000422706
6 ^a	04/09	7,77709E-05	0,001058478	0,000529640
7 ^a	05/09	8,09873E-05	0,001059373	0,000552188
8 ^a	06/09	8,14714E-05	0,000872064	0,000619472
9 ^a	07/09	7,90898E-05	0,001009435	0,000859188
10 ^a	08/09	8,99590E-05	0,001122611	0,000788383
11 ^a	09/09	6,80314E-05	0,000907681	0,001335082
12 ^a	10/09	0,000169228	0,001426933	0,000787536
13 ^a	11/09	0,000171674	0,001347193	0,000870338
14 ^a	12/09	0,000207008	0,001792144	0,000940694
15 ^a	01/10	0,000211185	0,001677068	0,001062222
16 ^a	02/10	0,000208012	0,001832557	0,001208540
17 ^a	03/10	0,000229791	0,001652134	0,001359111
18 ^a	04/10	0,000225398	0,001674915	0,001734848
19 ^a	05/10	0,000231317	0,001552528	0,001786332
20 ^a	06/10	0,000224149	0,001620367	0,002302240
21 ^a	07/10	0,000210649	0,001472506	0,002261448
22 ^a	08/10	0,000217028	0,001529214	0,002415196
23 ^a	09/10	0,000244170	0,001454060	0,002775065
24 ^a	10/10	0,000266741	0,002116230	0,003281624

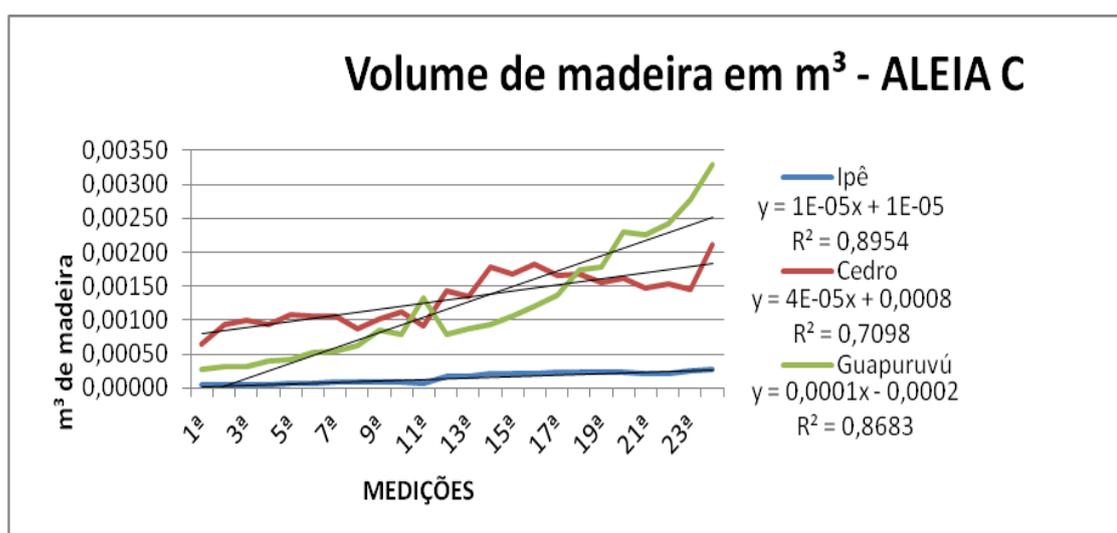
Figura 31: Volume obtido de madeira em m³ das árvores na aleia C

TABELA 26. Medições médias do volume obtido de madeira em m³ das árvores na aleia D.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1 ^a	11/08	4,23677E-05	0,000716032	0,000233149
2 ^a	12/08	3,50112E-05	0,000762366	0,000305830
3 ^a	01/09	4,62171E-05	0,000791926	0,000375884
4 ^a	02/09	3,37039E-05	0,000860007	0,000422983
5 ^a	03/09	4,91796E-05	0,000832939	0,000534925
6 ^a	04/09	4,36910E-05	0,000980393	0,000637227
7 ^a	05/09	3,92301E-05	0,000805526	0,000622442
8 ^a	06/09	5,24635E-05	0,000859370	0,000724530
9 ^a	07/09	5,36153E-05	0,001059819	0,000872866
10 ^a	08/09	6,54547E-05	0,001124338	0,000972800
11 ^a	09/09	9,06884E-05	0,001234324	0,001148834
12 ^a	10/09	0,000152069	0,001548300	0,001342345
13 ^a	11/09	0,000178633	0,001472951	0,001547561
14 ^a	12/09	0,000180888	0,001821410	0,001986586
15 ^a	01/10	0,000195774	0,001948502	0,002233093
16 ^a	02/10	0,000218512	0,001983529	0,003178212
17 ^a	03/10	0,000188890	0,001956019	0,004191294
18 ^a	04/10	0,000229861	0,002155842	0,004651093
19 ^a	05/10	0,000204762	0,001959308	0,004747633
20 ^a	06/10	0,000198457	0,001978278	0,006140908
21 ^a	07/10	0,000189336	0,001588553	0,006534324
22 ^a	08/10	0,000192460	0,001710310	0,007498988
23 ^a	09/10	0,000238122	0,001667211	0,008758804
24 ^a	10/10	0,000318817	0,002251501	0,014298548

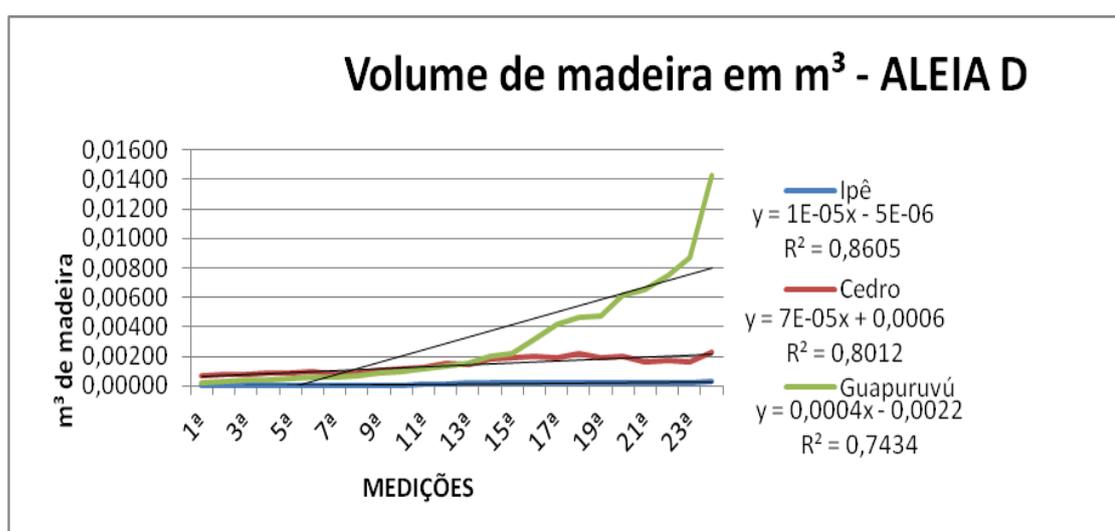


Figura 32: Volume obtido de madeira em m³ das árvores na aleia D

Para essa primeira etapa de estudo, os primeiros 24 meses do experimento mostraram que existem grandes diferenças entre as espécies arbóreas em todas as aleias estudadas independente dos espaçamentos utilizado. Essas observações podem ser confirmadas quando analisamos os dados de volume da fuste contidos na tabela 27. Podemos observar que a espécie guapuruvú apresentou um ganho em volume de madeira médio de 0,00793 m³/planta de madeira ou 7930 cm³, representando 3,6 vezes mais que o cedro (0,00220 m³/planta ou 2200 cm³) e 20,6 vezes mais que o ipê amarelo (0,000384 m³/planta ou 384 cm³) no mesmo período estudado.

Além da espécie vegetal outro aspecto a ser levado em conta é o espaçamento a ser adotado. Com base nos dados contidos na tabela 28, podemos observar grande diferença quando se considera essas duas variáveis onde o ipê amarelo com espaçamento 30 m obteve apenas 0,0256 m³/ha de madeira enquanto o guapuruvú com espaçamento de 30 m capturou 0,529 m³/ha de madeira equivalente a uma eficiência 20,7 vezes superior.

TABELA 27. Volume de madeira na fuste em m³/planta nas diferentes faixas na 24^a medição.

Aléia	Ipê	Cedro	Guapuruvú
A	0,000223833	0,002589856	0,008589356
B	0,000727638	0,001855746	0,005550815
C	0,000266741	0,00211623	0,003281624
D	0,000318817	0,002251501	0,014298548
Médias	0,000384	0,00220	0,00793

TABELA 28. Volume de madeira na fuste em m³ por ha nas diferentes faixas na 24^a medição.

Espaçamento	Ipê	Cedro	Guapuruvú
30 metros	0,0256	0,147	0,529
45 metros	0,0171	0,0979	0,352
60 metros	0,0128	0,0734	0,264

5.4 Fixação do Carbono

A fixação de carbono nos primeiros 24 meses, conforme esperado foi relativamente pequena, uma vez que abrangeu a fase inicial do desenvolvimento vegetativo das árvores. Apesar disso foi possível detectar diferenças de comportamento entre as espécies estudadas a partir do 12º mês de observação. Notadamente pode ser observada que o guapuruvú, apresentou uma produção de biomassa maior (Figuras 33 e 34) quando comparado ao ipê amarelo e ao cedro respectivamente.



Figura 33: Guapuruvú no início do plantio da cana-de-açúcar



Figura 34: Guapuruvú após o primeiro corte da cana

Durante os primeiros 24 meses do experimento, podemos verificar que existem distinções marcantes entre as espécies vegetais estudadas em todas as aleias estudadas (Figuras 35 a 38) independente dos espaçamentos empregados, conforme tabelas 29 a 32. Essas observações podem ser confirmadas quando analisamos os dados contidos na tabela 33. Podemos observar que a espécie guapuruvú apresentou uma captura média de 685 g/planta de carbono, representando 1,8 vez mais que o cedro (381 g/planta) e 4,75 vezes mais que o ipê (144 g/planta) no mesmo período estudado. Além da espécie vegetal outro aspecto a ser levado em conta é o espaçamento a ser adotado. Com base nos dados contidos na tabela 31, podemos observar grande diferença quando se considera essas duas variáveis onde o ipê com espaçamento 60 m capturou apenas 4,799 kg/ha de carbono enquanto o

guapuruvú com espaçamento de 30 m capturou 45,679 kg/ha de carbono equivalente a uma eficiência 9,51 vezes superior.

TABELA 29. Medições médias da fixação de Carbono (g) nas árvores da aleia A.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	20,83	150,59	24,84
2ª	12/08	15,65	129,97	28,89
3ª	01/09	13,79	137,26	29,39
4ª	02/09	15,34	134,41	29,87
5ª	03/09	21,11	124,42	37,84
6ª	04/09	17,07	163,95	48,04
7ª	05/09	18,09	145,16	48,54
8ª	06/09	38,30	92,56	57,68
9ª	07/09	16,80	140,00	68,42
10ª	08/09	20,13	140,24	91,48
11ª	09/09	25,47	156,85	100,00
12ª	10/09	32,45	159,38	103,90
13ª	11/09	35,05	212,71	141,58
14ª	12/09	50,55	229,62	165,32
15ª	01/10	48,39	258,98	189,39
16ª	02/10	69,56	234,31	233,01
17ª	03/10	52,71	195,25	285,23
18ª	04/10	55,48	226,41	321,73
19ª	05/10	56,92	240,40	326,95
20ª	06/10	55,73	201,81	364,72
21ª	07/10	53,65	235,64	405,16
22ª	08/10	52,33	232,49	485,12
23ª	09/10	65,95	305,96	534,45
24ª	10/10	83,80	447,53	742,12

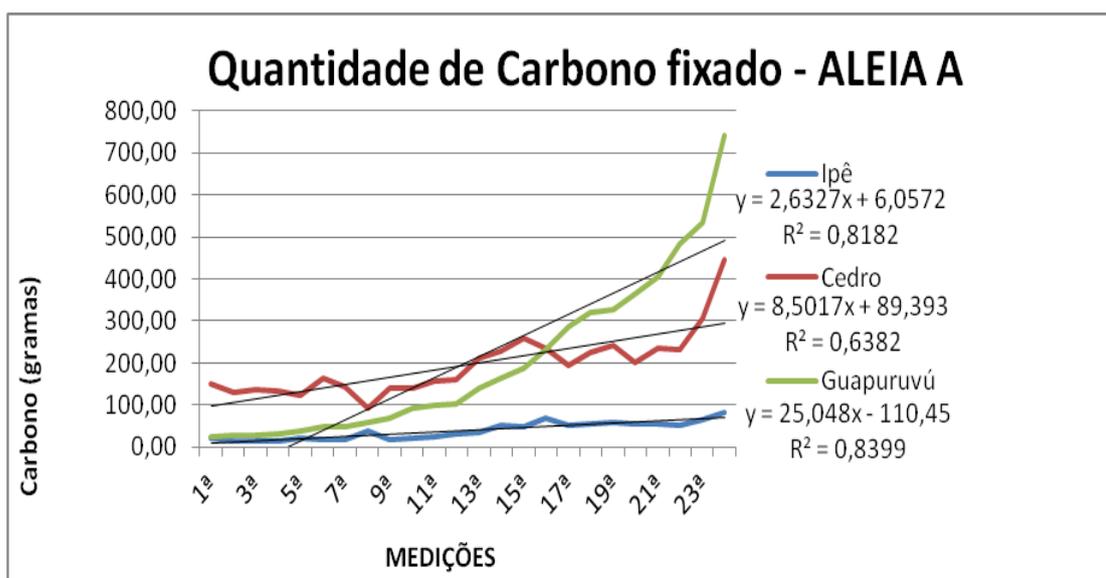


Figura 35: Fixação de Carbono em gramas nas árvores da aleia A

TABELA 30. Medições médias da fixação de Carbono (g) nas árvores da aleia B.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	15,01	112,61	28,54
2ª	12/08	19,45	85,14	23,37
3ª	01/09	21,55	92,84	24,78
4ª	02/09	20,64	92,49	27,70
5ª	03/09	34,54	105,20	31,82
6ª	04/09	33,20	93,99	24,05
7ª	05/09	37,06	94,74	40,56
8ª	06/09	17,28	137,22	57,68
9ª	07/09	38,94	89,08	67,78
10ª	08/09	47,25	93,84	71,32
11ª	09/09	71,35	95,24	83,32
12ª	10/09	124,02	116,26	92,36
13ª	11/09	141,49	115,92	87,86
14ª	12/09	169,04	126,61	92,35
15ª	01/10	170,05	154,12	103,47
16ª	02/10	181,24	137,76	93,25
17ª	03/10	182,66	128,60	115,17
18ª	04/10	185,64	128,84	166,41
19ª	05/10	158,29	147,79	249,40
20ª	06/10	204,56	155,05	246,63
21ª	07/10	163,90	154,95	244,61
22ª	08/10	179,09	135,98	233,64
23ª	09/10	205,68	168,18	244,83
24ª	10/10	272,43	320,67	479,59

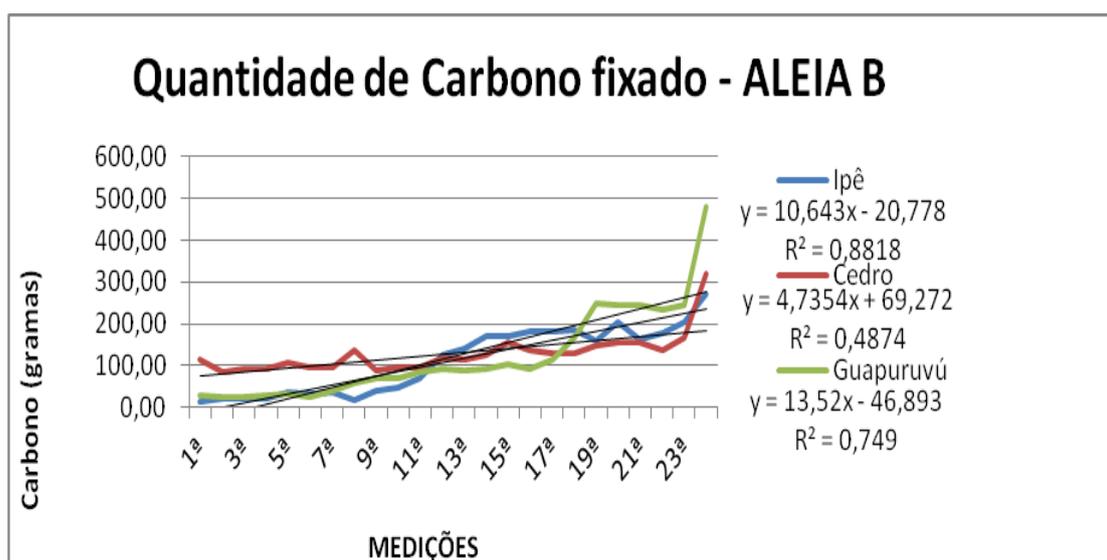


Figura 36: Fixação de Carbono em gramas nas árvores da aleia B

TABELA 31. Medições médias da fixação de Carbono (g) nas árvores da aleia C.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1ª	11/08	16,33	113,31	23,75
2ª	12/08	15,38	161,06	28,15
3ª	01/09	17,61	171,74	26,75
4ª	02/09	17,41	161,60	34,81
5ª	03/09	21,78	185,36	36,52
6ª	04/09	29,12	182,90	45,76
7ª	05/09	30,32	183,06	47,71
8ª	06/09	30,50	150,69	53,52
9ª	07/09	29,61	174,43	74,23
10ª	08/09	33,68	193,99	68,12
11ª	09/09	25,47	156,85	115,35
12ª	10/09	63,36	246,57	68,04
13ª	11/09	64,27	232,79	75,20
14ª	12/09	77,50	309,68	81,27
15ª	01/10	79,07	289,80	91,77
16ª	02/10	77,88	316,66	104,42
17ª	03/10	86,03	285,49	117,43
18ª	04/10	84,39	289,42	149,89
19ª	05/10	86,60	268,28	154,34
20ª	06/10	83,92	279,99	198,91
21ª	07/10	78,87	254,45	195,39
22ª	08/10	81,25	264,25	208,67
23ª	09/10	91,42	251,26	239,76
24ª	10/10	99,87	365,68	283,53

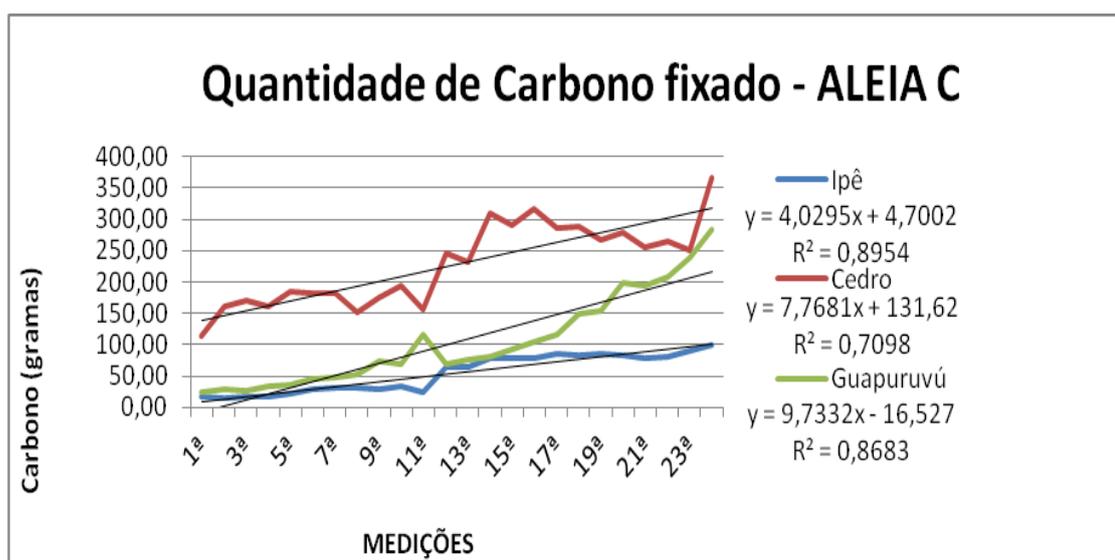


Figura 37: Fixação de Carbono em gramas nas árvores da aleia C

TABELA 32. Medições médias da fixação de Carbono (g) nas árvores da aleia D.

Medições	Data	Ipê	Cedro	Guapuruvú
1 ^a	11/08	15,86	123,73	20,14
2 ^a	12/08	13,11	131,74	26,42
3 ^a	01/09	17,30	136,84	32,48
4 ^a	02/09	12,62	148,61	36,54
5 ^a	03/09	18,41	143,93	46,22
6 ^a	04/09	16,36	169,41	55,07
7 ^a	05/09	14,69	139,19	53,78
8 ^a	06/09	19,64	148,50	62,60
9 ^a	07/09	20,07	183,14	75,41
10 ^a	08/09	24,51	194,28	84,05
11 ^a	09/09	33,95	213,29	99,26
12 ^a	10/09	56,93	267,55	115,98
13 ^a	11/09	66,88	254,52	133,71
14 ^a	12/09	67,72	314,74	171,64
15 ^a	01/10	73,30	336,70	192,94
16 ^a	02/10	81,81	342,75	274,60
17 ^a	03/10	70,72	338,00	362,13
18 ^a	04/10	86,06	372,53	401,85
19 ^a	05/10	76,66	338,57	410,19
20 ^a	06/10	74,30	341,85	530,57
21 ^a	07/10	70,89	274,50	564,56
22 ^a	08/10	72,06	295,54	647,91
23 ^a	09/10	89,15	288,09	756,76
24 ^a	10/10	119,36	389,06	1235,39

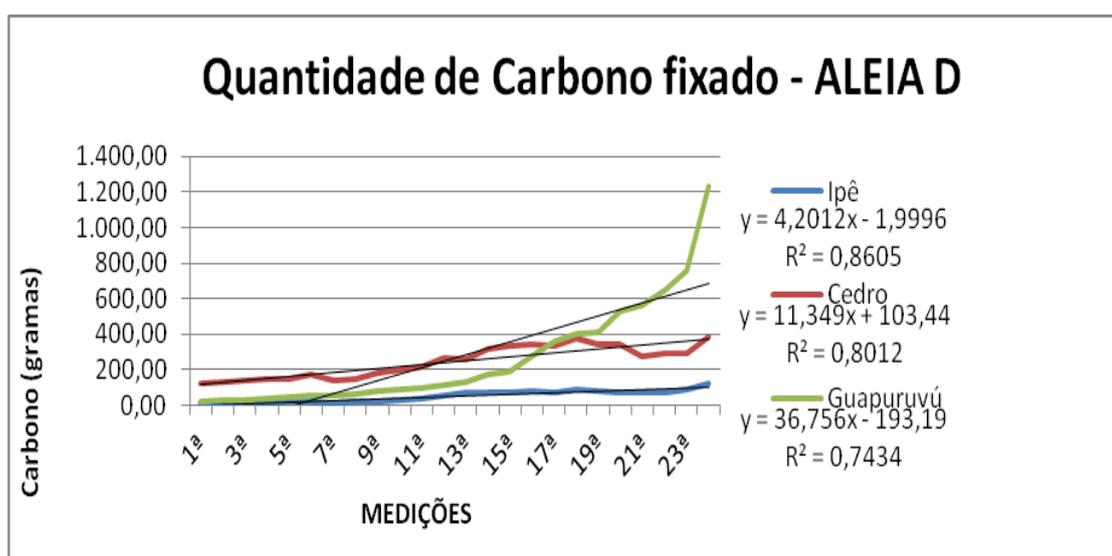


Figura 38: Fixação de Carbono em gramas nas árvores da aleia D

TABELA 33. Fixação de carbono na fuste em g/planta nas diferentes faixas na 24^a medição.

Aléia	Ipê	Cedro	Guapuruvú
A	84,0	446,0	742,0
B	272,0	321,0	480,0
C	100,0	366,0	284,0
D	120,0	390,0	1235,0
Médias	144,0	381,0	685,0

TABELA 34. Fixação de carbono em kg/ha nas diferentes faixas na 24^a medição.

Espaçamento	Ipê	Cedro	Guapuruvú
30 metros	9,599	25,380	45,679
45 metros	6,399	16,920	30,452
60 metros	4,799	12,690	22,839

6. CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos em dois anos de observação conclui-se que;

- É tecnicamente possível a implantação de canaviais em sistema de aleias com árvores nativas sem prejuízo agrônômico da produção da cana-de-açúcar.

- As árvores não interferiram na produtividade da cana-de-açúcar nas faixas entre aleias 30 e 45 metros neste primeiro momento da pesquisa, tanto em relação as espécies arbóreas quanto a distância utilizada.

- Houve uma pequena interferência das aleias na produtividade da cana-de-açúcar na faixa de 60 metros em relação a distância, independente das espécies arbóreas.

- As espécies de árvores nativas estudadas desenvolveram-se normalmente nas condições do experimento com baixa taxa de mortalidade com exceção do guapuruvú.

- Foram observadas diferenças marcantes entre as espécies de árvores estudadas quanto a captura de carbono sendo o guapuruvú 1,79 vez mais eficiente que o cedro e 4,75 vezes mais eficiente que o ipê, enquanto que o cedro foi 2,64 mais eficiente que o ipê amarelo.

- As interações entre espécies arbóreas e espaçamentos apresentaram diferenças elevadas quanto a quantidade de carbono capturado por hectare, oscilando numa taxa da ordem de 951%.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- É uma prática agrícola que pode ser aplicada em áreas convencionais ou orgânicas, com ganhos sociais, pois poderá suprir a mão de obra na entre safra da cana-de-açúcar, para a manutenção das aleias e econômico com a venda de créditos de carbono ou da madeira cultivada.

- O cultivo da cana-de-açúcar em sistema de aleias poderá se tornar parte da solução em curto prazo como uma medida mitigadora efetiva para incrementar reduções de gases de efeito estufas.

- A continuidade aos estudos, nesta mesma área, visando à construção de séries históricas para aprimorar a modelagem de cálculo de fixação de carbono em árvores nativas, bem como avaliações econômicas da comercialização da madeira produzida são necessária.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, Miguel. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 4ed. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS, 2004.

ANUÁRIO DA CANA. Brazilian Sugar and Ethanol Guide. São Paulo: Pro Cana, 2009.

ARAÚJO, T.M.; CARVALHO Jr., J.A.; HIGUCHI, N.; BRASIL Jr., A.C.P. & Mesquita, A.L.A. 1999. A tropical rain forest clearing experiment by biomass burning in the state of Pará, Brazil. *Atmospheric Environment*, 33: 1991-1998.

AREVALO, L. A; ALEGRE, C. J; VILCAHUAMAN L. J. M. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra, Colombo - PR: Embrapa Florestas, 2002.

CARVALHO, O.S., CARVALHO, J.M.F.C., SILVA, O.R.R.F, SANTOS, J.W. Influência do plantio de *Leucaena leucocephala* (Lam) em faixa, na cultura do algodoeiro herbáceo. *Revista de Oleaginosas e Fibrosas*, v.3,n.2,p.83-88,1999.

CARVALHO, P. E. R. Espécies Arbóreas Brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, vol. 01, 2003.

CESAR, M; SILVA, F. A cana-de-açúcar como matéria prima para a indústria sucroalcooleira, Piracicaba, SP, ESALQ- USP, p. 1- 19, 1993.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo 1º Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo, - 2.ed. - São Paulo : CETESB, 2011.

CHANG, M.Y. Seqüestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas. In: FIXAÇÃO DE CARBONO: ATUALIDADES, PROJETOS E PESQUISAS, 2004, Curitiba. Anais... Curitiba, 2004. p.15-37

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento Acompanhamento da safra brasileira. 2011. Disponível no site: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf

CONDE, R. A. R. Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepdoptera: Pyralidae) em sistema agroflorestal. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.

CRESTANA, Marcelo de S. M et al.. FLORESTAS, Sistemas de Recuperação com Essências Nativas, Produção de Mudas e Legislações. 2ª Ed Campinas: CATI, 2004. DPRN – Reserva Legal. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento000/deprn/legislação.asp> Acesso em 20 de novembro de 2011.

DOUROJEAMI, M.J. Considerações sobre el problema *Hypsipyla grandella* (Zeller) em las plantaciones de *Meliaceae* em el Peru. Chemistry and chemical taxonomy of the rutales. PROCEEDINGS FIRST SYMPOSIUM ON INTEGRATED CONTROL OF *Hypsipyla*, (CATIE) II. Turrialba, Costa Rica. P. 60-62, 1973.

DURIGAN, G.; SIMÕES, J. W. Quebra-ventos de *Grevillea robusta* A. Cunn.: efeitos sobre a velocidade do vento, umidade do solo e produção do café. IPEF, Piracicaba, n. 36, p. 27-34, 1987.

EMBRAPA SOLOS. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

FARRELL, J.G. In: ALTIERI, M.A. Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa / Miguel A. Altieri; tradução de Patrícia Vaz. – Rio de Janeiro : PTA/FASE, 1989. 240p.

FERREIRA, F. A., Patologia florestal – principais doenças florestais no Brasil. Viçosa, MG, 1989.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e o papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; ANDRADE LANDELL, M. G. de. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. Acta Amazonica, 28 (2): 153-165.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Disponível no site: <http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/>

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF. Disponível no site: <http://www.ipef.br/identificacao/nativas/>

IPPC. 2000. Land Use, Land Use Change, and Forestry. R.T. Watson, I.R.Noble, B.Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo, D.J. Dokken. IPCC Special Report . Cambridge Press.

KANG, B.T.; WILSON, G.F. & SIPKENS, L. Alley cropping maize and leucaena in Southern Nigeria. Plant Soil, 63:165-179, 1981.

LEAL, A. C. Quebra-ventos arbóreos: aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora. Curitiba: IAPAR, 1986. (Informe de Pesquisa, n. 67). Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/IP67.pdf>. Acesso: 3 dez. 2009.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum, 1992. 367 p.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. Forest inventory. Munich: BLV, 1973. v.2. 469p.

MARQUES, T. C. L. de S. M.; MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. Crescimento e teor de metais de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 1, p. 121-132, 2000.

NOBRE, C. 2001. Amazônia: Fonte ou Sumidouro de Carbono. In: Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia. MMA-Brasília. , p. 197-224, 2001.

PAIVA AV; POGGIANI F. 2000. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. Scientia Forestalis 57: 141-151.

RIZZINI, C.T. Árvores e madeiras úteis do Brasil. São Paulo, E. Blücher, 1981. 296p.

READ, R. A. Tree windbreakers for the central great plains. Washington, USDA, Forest service, 1964, 68p. (USDA. Forest Service. Agriculture Handbook, 250).

RENNER, Rosana M. Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ROSSETO, R. A cana-de-açúcar e a questão Ambiental. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; ANDRADE LANDELL, M. G. de. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico, 2008.

SANQUETTA, CR; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. Fixação de carbono: Atualidades, Projetos e Pesquisa. 2º Simpósio Latino Americano sobre Fixação de Carbono. Curitiba. 2004. ed. AM Impressos. p. 211.

SZMRECSÁNYI, T. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no Estado de São Paulo. Informações Econômicas, [s.l.], v. 24, n. 10, out. 1994.

Sindicato Rural da Alta Noroeste. Cana-de-açúcar: zoneamento proíbe plantio em determinadas áreas do país. Araçatuba, São Paulo, out. 2009.

União da Indústria de Cana-de-Açúcar – UNICA. Disponível no site: <http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>

YAN, J et al. Potential market niches for biomass energy with CO₂ capture and storage- opportunities for energy supply with negative CO₂ emissions, Elsevier Science, Biomass and Bioenergy 25, p,273-285. 2003. Disponível em <http://www.periodicos.capes.gov.br>

Zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo, 2008. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/zoneamentoagroambientalcana.pdf>