



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA



DIONILSON CARDOZO DA CUNHA

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA, EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES,
ESTOQUE DE CARBONO E ANÁLISE ECONÔMICA EM CUPUAÇUZEIRO**

Biblioteca



24030019

TESE
333.9539
C 972
ex.01

BELÉM - PARÁ

2012

mc: 48620

Cunha, Dionilson Cardozo da

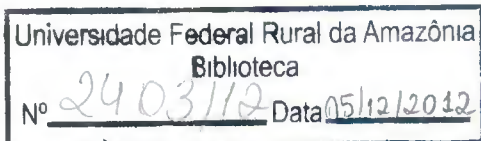
Produção de biomassa, exportação de macronutrientes, estoque de carbono e análise econômica em cupuaçuzeiro/ Dionilson Cardozo da Cunha. – Belém, 2012.

115f.:II

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2012.

1. Estoque de carbono 2. Crédito de carbono 3. Biomassa seca 4. Cupuaçuzeiro 5. Macronutrientes I. Título

CDD 363.7387





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA



DIONILSON CARDOZO DA CUNHA

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA, EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES,
ESTOQUE DE CARBONO E ANÁLISE ECONÔMICA EM CUPUAÇUZEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viegas

BELÉM- PARÁ

2012



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-MBRAPA



**PRODUÇÃO DE BIOMASSA, EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES,
ESTOQUE DE CARBONO E ANÁLISE ECONÔMICA EM CUPUAÇUZEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

Aprovada em: 16 de Fevereiro de 2012

BANCA EXAMINADORA

Ismael de Jesus Matos Viegas, DSc- Orientador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Dr. Rafael Moysés Alves

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Dr. Dilson Augusto Capucho Frazão

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO PARÁ- FAEPA

Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição, DSc

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Dr. João Elias Lopes Fernandes Rodrigues

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Á **Deus**, pela saúde, fã e inteligência para seguir os caminhos corretos.

Aos meus pais "in memoriam" pelo exemplo de amor, coragem, força, confiança e determinação. **Urbano Bentes da Cunha e Maria José Cardoso da Cunha** pelo apoio e incentivo durante toda vida, orgulho e inspiração da minha vida e por serem os principais responsáveis pela minha vitória

Á minha mãe:

"Neste momento, alguém que gostaríamos que estivesse conosco está ausente. Mas a lembrança de sua esperança, o som de sua voz, sopram suaves nas nossas memórias, num murmúrio de lamento e saudade. Porque há na vida em que, qualquer que seja a posição do nosso corpo, a alma está de joelhos." Ela se foi num adeus eterno; mas aqui lembrado, presente, eterno.

À minha filha **Luana Thais Albuquerque Cunha**, presente de vida, por me trazer muita luz

Aos meus irmãos,

Diolane Maria Cardoso da Cunha, Diocélio de Jesus Cardoso da Cunha, Diocelino de Jesus Cardoso da Cunha e Urbano Cunha Filho pela estrutura familiar, carinho e apoio;

Ao meu sobrinho **Afonso Henrique** fruto para um futuro cheio de esperança, competência e profissionalismo;

A minha querida esposa **Terezinha de Oliveira**, pelo amor, companheirismo e cumplicidade de todas as horas, que soube compreender com sabedoria os caminhos difíceis que passamos durante todo o nosso tempo de convivência.

A todos os pesquisadores e pesquisadoras que se dedicaram a estudar formas de melhorar a co-existência dos seres humanos com a natureza.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Pará – EMATER-PARÁ, pela oportunidade de participação no curso;

À Universidade Federal Rural da Amazônia pela realização do curso; a Coordenadoria de pós-graduação de doutorado em Ciências Agrárias, área de concentração em agroecossistemas amazônicos, pelo apoio irrestrito em todas as atividades desenvolvidas durante o curso e aos professores pela colaboração durante todo o desenvolvimento do curso, por sugestões valiosas, e suas integridades profissionais.

À Embrapa Amazônia Oriental sem a qual não seria possível a realização desta pesquisa e aos servidores Dr. Steel Silva Vasconcelos pela disponibilidade do Laboratório para a realização das análises e aos Laboratoristas: Neusa Maria da Silva Ferreira e Ivanildo Alves trindade, pela colaboração durante as análises, ao servidor Oriental, Inocêncio Bernardo Neto, pela dedicação e apoio durante a realização de coleta de dados e a pesquisadora Dra. Sônia Botelho Araujo, pela acolhida e colaboração durante minha jornada de pesquisa.

Ao professor Dr. Ismael de Jesus Matos Viegas pela orientação dedicada a este trabalho.

Ao Dr. Jessivaldo Galvão, pelo companheirismo, apoio e sugestões durante o curso, que foram de fundamental importância no decorrer do trabalho, o meu reconhecimento pela amizade e confiança.

Ao professor M.S. Marcos Antônio Souza dos Santos, pela dedicação prestada e este trabalho.

Aos colegas de pós-graduação: Alessandra Freitas, Alexandre Cardoso, Alisson Reis, Ana Brígida, Elielson Souza, Carlos André, Edilson Torres, Eliane Almeida, Emerson Vinicius, Ermino Braga, Eryka de Nazaré, Gizele Odete, Joel Souza, Kátia Garcez, Laura dos Santos, Márcio Guedes, Marília Fernandes, Maurício Costa, Meirevalda do Socorro, Nilson Costa, Raimundo Ribeiro, Ricardo Cordeiro, Rita de Cássia, Rosemiro Galate, Rosigrêde da Silva, Rubens Meireles, Ruth Almeida, Sebatião Lopes, Talmir Neto, Tatiana Gazel e Thiago Vieira pelo companheirismo e apoio.

Aos Engenheiros agrônomos Nilvan Melo e Vicente Silva, pelo auxílio em várias etapas do desenvolvimento da tese.

[...] Porém me conquistar mesmo a ponto de ficar doendo no desejo, só Belém me conquistou assim. Meu único ideal de agora em diante é passar uns meses morando no Grande Hotel de Belém. O direito de sentar naquela terrasse em frente das mangueiras tapando o Teatro da Paz, sentar sem mais nada, chupitando um sorvete de **cupuaçu**, de açaí, você que conhece o mundo, conhece coisa melhor do que isso, Manu? (trecho de carta de Mário Andrade a Manuel Bandeira, Junho, 1927).

“A gente do interior vive mesmo é de farinha de mandioca e de peixe. Mas quando a farinha acaba e quando peixe escasseia, são as frutas que apaziguam a fome e garantem a sobrevivência das populações ribeirinhas, particularmente a das crianças. **Cupuaçu**, o veludo perfumado da casca do estojo ovalado onde se abrigam os bagos carnudos, o menino fica um tempão chupando o caroço, o sumo nunca se acaba” (Thiago de Melo, 1981)

“Ainda muito criança, via minha mãe fazer em casa os doces de **cupuaçu**, que a gente (éramos 7 irmãos) gostava até de comer com farinha, nossa farinha de mandioca, tão especial! Tomávamos sempre o suco, inclusive contento caroços inteiros, o que além de dar um aspecto diferente, nos proporcionava o gostinho e o divertimento de chuparmos os caroços e brincar com eles, tipo campeonato para ver quem tinha mais caroços no se copo” (Isa Jinkings, 2008)

“Tentamos proteger a árvore, esquecidos de que é ela que nos protege.”

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO: Considerando a possibilidade de projetos agrícolas e/ou florestais de gerarem certificados de emissões reduzidas – CER's e serem elegíveis perante o mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL, o presente estudo teve como objetivo determinar a quantidade estocada de carbono e avaliar o crescimento com base na massa seca, pelos órgãos das plantas, exportação de macronutrientes no fruto e analisar a viabilidade econômica com e sem os créditos de carbono, na geração dos CERS em cupuaçuzeiro. A pesquisa foi realizada em área da Embrapa Amazônia Oriental, Belém Pará, utilizando progênies meios irmãos (PMI) de cupuaçuzeiro 186 e 215 durante sete anos. A biomassa dos componentes da planta foi quantificada através do método direto por meio da coleta do material da parte aérea das plantas. Determinou-se a biomassa e estoque de carbono do caule, ramos primários, ramos secundários e folhas em cinco plantas ao ano de cada PMI, totalizando 70 plantas. Em relação aos frutos adotou-se procedimento apenas no sétimo ano, onde foram selecionados seis para cada progênie estudada. A quantificação dos CERs e a análise econômica foram realizadas em um horizonte de planejamento de vinte e cinco anos, sendo utilizados os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Valor Anual Equivalente. A taxa de desconto foi de 10% ao ano. Os resultados revelaram que os ramos secundários foram os que apresentaram maiores produções de massa seca, com $1.462,16 \text{ kg ha}^{-1}$ e, conseqüentemente, maior estoque de carbono, com $54,11 \text{ kg ha}^{-1}$. A maior produção de massa seca e estoque de carbono dos frutos foram observados na casca da progênie 186. Os maiores teores de N, P, e Ca foram observados nas sementes de ambas as progênies. Enquanto que os maiores teores de K foram obtidos na polpa das progênies 215 e 186. O Mg apresentou maiores teores nas semente na PMI 186. Os teores de C foram obtidos em maiores quantidades na casca. O N foi o nutriente que apresentou maior exportação seguida do K, nas duas progênies. O estoque de carbono nos frutos foi de $313,09 \text{ kg ha}^{-1}$. O estoque de carbono obtido no experimento aos sete anos na parte aérea foi de $303,67 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo 53,48% para a progênie 186 e 46,52% para a 215. O estoque de carbono projetado para os 25 anos foi de $16,90 \text{ t C ha}^{-1}$, o que corresponde a $62,02 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$. A análise econômica demonstrou que o custo de manutenção do plantio é o mais representativo, correspondendo a 83,51% do custo total atualizado. O plantio do cupuaçuzeiro é viável com e sem os CERs, o que proporciona um incremento de 9,57% no VPL. Tendo em vista os resultados obtidos, conclui-se que o cupuaçuzeiro mostra-se uma opção economicamente viável com e sem os CERs. Porém a inclusão dos CER's é importante para melhorar a viabilidade econômica e, conseqüentemente, para o desenvolvimento do Estado do Pará; a cultura apresenta características favoráveis à aprovação pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, na modalidade de MDL, prevista no Protocolo de Kyoto.

Palavra-chave: Massa seca, estoque de carbono, *Theobroma grandiflorum*, créditos de carbono, mercado de carbono

ABSTRACT: Considering the possibility of agricultural projects and / or forestry generate certified emissions reduced - RECs and be eligible to the Clean Development Mechanism - CDM, this study aimed to determine the quantity stored carbon and evaluate growth based dry matter yield, plant bodies, export of nutrients in the fruit and economical viability with and without carbon credits, the generation of the ESRB in cupuassu. The survey was conducted in the area of Embrapa Amazônia Oriental, Belém Pará, using half-sib progenies (PMI) cupuassu 186 and 215 for seven years. The biomass of the plant components were quantified using the direct method by collecting material from the shoots. The determination of the biomass and carbon storage of the stem, primary branches, secondary branches and leaves on five plants per year for each PMI, totaling 70 plants. Regarding the fruits procedure was adopted only in seventh grade, where six were selected for each progeny studied. The quantification of the RECs and the economic analysis were carried out in a planning horizon of twenty-five years, according to the criteria of economic evaluation: Net Present Value, Internal Rate of Return and Equivalent Annual Value. The discount rate was 10% per year. The results revealed that the secondary branches were those with the highest yields of dry matter, with $1.462,16 \text{ kg ha}^{-1}$ and, consequently, higher carbon stocks, with $54,11 \text{ kg ha}^{-1}$. The highest dry matter production and carbon storage of fruits was found in the bark of 186 progeny. The highest levels of N, P and Ca were detected in seeds of both progenies. While the highest levels of K were obtained in the pulp of 215 and 186 progeny. The Mg showed higher percentages in the seed in the PMI 186. The C values were obtained in larger quantities in the bark. Nitrogen was the nutrient with the highest export followed by K in both progenies. The carbon stock in the fruit was $313,09 \text{ kg ha}^{-1}$. The carbon obtained in the experiment to seven years in the shoot was $303,67 \text{ kg ha}^{-1}$, and 53.48% for the progeny and 46.52% for 186 to 215. The carbon designed for 25 years was $16,90 \text{ t C ha}^{-1}$, which corresponds to $62,02 \text{ t ha}^{-1} \text{ CO}_2$. The economic analysis showed that the maintenance cost of planting is the most representative, representing 83,51% of the total cost to date. The planting of cupuassu is feasible with and without the RECs, which provides an increase of 9,57% for NPV. Considering the results, it is concluded that the cupuassu is shown with an economically viable option and without the REC. But the inclusion of RECs is important to improve the economic viability and, consequently, for the development of the State of Pará, the culture has characteristics favorable to the approval by the United Nations Framework Convention on Climate Change, in the form of CDM, under Protocol Kyoto.

Keyword: dry mass, carbon storage, *Theobroma grandiflorum*, carbon credits, carbon market

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** Imagens de localização do experimento.
- FIGURA 2** Dados médios mensais de precipitação pluviométrica, temperatura brilho solar, no período de 2002 a 2009.
- FIGURA 3** Croqui de implantação da área experimental.
- FIGURA 4** Plantio de cupuaçuzeiro utilizando bananeira, como sombra provisória (4a), açazeiro como sombreamento definitivo (Figura 4b) e (Figura 4c) cupuaçuzeiro com um ano de idade em coleta de folhas, ramos e caule.
- FIGURA 5** Produção de massa seca do caule, das folhas, ramos primários e ramos secundários de cupuaçuzeiro em função da interação das progênes com a idade e os órgãos da planta.
- FIGURA 6** Produção de massa seca nos órgãos de cupuaçuzeiro e seus percentuais nas progênes 186(a) e 215 (b).
- FIGURA 7** Produção de massa seca total nas PMIs de cupuaçuzeiro em relação à idade.
- FIGURA 8** Estoque de carbono na parte aérea de cupuaçuzeiro em função da interação das progênes com a idade e os órgãos da planta
- FIGURA 9** Produção do estoque de carbono nos órgãos de cupuaçuzeiro e seus percentuais nas progênes 186(a) e 215 (b).
- FIGURA 10** Estoque total de carbono nas progênes de cupuaçuzeiro em relação à idade.
- FIGURA 11** Produção de MS nos segmentos polpa, casca e semente no fruto do cupuaçuzeiro
- FIGURA 12** Teores de carbono nos diferentes componentes do fruto do cupuaçuzeiro
- FIGURA 13** Estoque de carbono nos segmentos polpa, casca e semente no fruto do cupuaçuzeiro
- FIGURA 14** Partição do fruto do cupuaçuzeiro em casca, polpa e semente.
- FIGURA 15** Teores de nitrogênio (N); fósforo (P); potássio (K) e cálcio (Ca) no fruto de cupuaçuzeiro em função da interação das PMIs com os

componentes do fruto

FIGURA 16 Teores de Mg no fruto de cupuaçuzeiro em função da interação das PMIs com os órgãos

FIGURA 17 Exportação de nitrogênio (N); fósforo (P); potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no fruto de cupuaçuzeiro com sete anos de idade em função da interação das PMIs com os componentes do fruto

FIGURA 18 Exportação total de macronutrientes encontrados nos frutos do cupuaçuzeiro

FIGURA 19 Participação percentual dos custos atualizados do plantio do cupuaçuzeiro sem os CERs.

FIGURA 20 Valores de VPL para plantio de cupuaçuzeiro, considerando as variações percentuais na taxa de juros, no preço do cupuaçu, custo de mão-de-obra e no preço do CERs.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Caracterização química das amostras do solo em diversos pontos do experimento antes da implantação do experimento.
TABELA 2	Caracterização química e granulométrica de amostras do solo em diversos pontos do experimento durante a pesquisa.
TABELA 3	Caracterização química e granulométrica de amostras do solo em diversos pontos do experimento na finalização da pesquisa.
TABELA 4	Resumo da análise de variância dos efeitos da idade, órgão e progênie, na produção de massa seca e estoque de carbono em cupuaçuzeiro em (kg ha^{-1}).
TABELA 5	Resumo da análise de variância dos efeitos do órgão e PMI e interação PMI x órgão na produção de massa seca do fruto, teor de carbono (g kg^{-1}), estoque de carbono e macronutrientes em cupuaçuzeiro em (kg ha^{-1})
TABELA 6	Quantidades exportadas de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiro nas progênies 186 e 215 aos sete anos de idade e necessidade de fertilizantes em kg ha^{-1}
TABELA 7	Estimativa do estoque de carbono e de CO_2 (eq) do cupuaçuzeiro aos 25 anos de idade.
TABELA 8	Estimativa e valores percentuais do estoque de carbono nos compartimentos do cupuaçuzeiro aos 07 anos de idade.
TABELA 9	Custo, receita e produção de uma plantação de cupuaçuzeiro sem os CERs.
TABELA 10	Custo, receita e fluxo de caixa (corrente, atualizado e acumulado) para o plantio de cupuaçuzeiro sem a inclusão dos CERs .
TABELA 11	Custo, receita e fluxo de caixa (corrente, atualizado e acumulado) para o cupuaçuzeiro com a inclusão dos CERs.
TABELA 12	Viabilidade econômica pelos critérios VPL, TIR e VAE em $\text{R\$/ha}$ para o plantio de cupuaçuzeiro sem e com os CERs, com taxa de desconto de 10% a.a. e horizonte de planejamento de 25 anos.
TABELA 13	Análise de sensibilidade para o VPL do cenário considerando a venda dos CERs, variando a uma taxa de -20% e +20%, nos custos e nas receitas do plantio de cupuaçuzeiro.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Estimativa das quantidades de massa seca no caule, ramos primários, secundários, folhas e incremento de massa seca kg ha^{-1} em cupuaçuzeiro em função da idade.

Anexo 2 Estimativa das quantidades de carbono no caule, ramos primários, secundários, folhas e incremento de carbono kg ha^{-1} em cupuaçuzeiro em função da idade .

Anexo 3 Exportação de macronutrientes no fruto do cupuaçuzeiro, bem como a quantidade estocada de massa seca e carbono em kg ha^{-1} .

Anexo 4 Massa seca total da parte aérea nos órgãos(caule, ramos primários, ramos secundários e folhas) e incremento de massa seca total kg ha^{-1} em cupuaçuzeiro em função da idade.

Anexo 5 Estoque total de carbono da parte aérea nos órgãos (caule, ramos primários, ramos secundários e folhas) e incremento de carbono kg ha^{-1} em cupuaçuzeiro em função da idade.

Anexo 6 Teores de macronutrientes nos frutos na interação clone x órgão, teores de Mg e C nos órgãos e Mg nos clones de cupuaçuzeiro em g kg^{-1} .

Anexo 7 Estimativa dos incrementos de massa seca e carbono no caule, ramos primários, ramos secundários e folhas em kg ha^{-1} no cupuaçuzeiro em função da idade.

SUMÁRIO

RESUMO	08
ABSTRACT	09
CAPÍTULO 1 - CONTEXTUALIZAÇÃO	16
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO FIXADO POR PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO, BELÉM, PARÁ.....	23
RESUMO	23
ABSTRACT	24
2.1 INTRODUÇÃO.....	25
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.2.1 Caracterização da área experimental	26
2.2.2 Determinação da altura e diâmetro médio do cupuaçuzeiro	31
2.2.3 Obtenção e preparo das amostras	31
2.2.4 Determinação da biomassa e teor de carbono.....	32
2.2.5 Tratamentos e delineamento experimental	32
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
2.3.1 Produção de massa seca da parte aérea	33
2.3.2 Produção de massa seca total.....	38
2.3.3 Estoque de carbono nos órgãos de cupuaçuzeiro	39
2.3.4 Estoque total de carbono nos órgãos de cupuaçuzeiro.....	43
2.4 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO DE MASSA SECA, ESTOQUE DE CARBONO E EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM FRUTOS DO CUPUAÇUZEIRO EM BELÉM-PARÁ.....	49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
3.1 INTRODUÇÃO	51
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	52
3.2.1 Características da área de estudo	52
3.2.2 Coletas de dados no campo	53
3.2.3 Tratamentos e delineamento experimental	54
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54

3.3.1 Produção da massa seca do fruto de cupuaçuzeiro.....	54
3.3.2 Teores de carbono nos frutos de cupuaçuzeiro	57
3.3.3 Estoque de carbono e teores de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiro.....	58
3.3.6 Exportação de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiro.....	63
3.3.7 Exportação total de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiro	67
3.4 CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS	71
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE ECONÔMICA DE CUPUAÇUZEIRO PARA GERAÇÃO DE CERTIFICADOS DE EMISSÕES REDUZIDAS- BELÉM, PARÁ.....	76
RESUMO	76
ABSTRACT	77
4.1 INTRODUÇÃO.....	78
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	80
4.2.1 Caracterização da área de estudo	80
4.2.2 Quantificação da biomassa, estimativa de carbono e contabilização dos CERs	80
4.2.3 Cenários estudados.....	82
4.2.4 Fluxo de caixa e taxa de desconto utilizado.....	82
4.2.4.1 Composição dos custos.....	83
4.2.4.2 Composição das receitas.....	84
4.2.5 Análise Econômica	84
4.2.5.1 Valor Presente Líquido – VPL.....	85
4.2.5.2. Taxa Interna de Retorno – TIR	86
4.2.5.3 Valor Anual Equivalente – VAE.....	86
4.2.6 Análises de sensibilidade	87
4.2.7 Conversão de carbono em dióxido de carbono (CO ₂)	88
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
4.3.1 Análise econômica.....	88
4.3.1.2 Fluxo de caixa do cupuaçuzeiro sem os CERs.....	90
4.3.1.3 Fluxo de caixa do cupuaçuzeiro com os CERs.....	93
4.3.1.4 Análise dos itens de custo	94
4.3.1.5 Análise da viabilidade econômica pelos critérios VPL, TIR e VAE	96
4.3.1.6 Análise de sensibilidade.....	98

4.3.1.7 O plantio de cupuaçuzeiro como projeto de MDL	100
4.4 CONCLUSÕES	105
REFERÊNCIAS	106
ANEXOS	110

CAPÍTULO 1- CONTEXTUALIZAÇÃO

A Amazônia vive hoje o dilema do extrativismo x cultivos racionais, que coloca de um lado os chamados “povos da floresta” moradores que vivem do extrativismo, ou seja, daquilo que a floresta oferece em seus ciclos naturais, seja na fruticultura na extração de madeira e outras, e do outro lado, aqueles que defendem a exploração racional dos recursos da floresta, mantendo o máximo da floresta em pé.

Um dos maiores desafios da humanidade é desenvolver estratégias que promovam o desenvolvimento social e econômico das diferentes regiões do planeta sem destruir a extraordinária biodiversidade que serve de base para a própria sobrevivência humana (BERTOLINO, 2007). Com a interferência antrópica, ocorreram inúmeros desequilíbrios ecológicos causando a degradação e erradicação de ecossistemas naturais que vem contribuindo na alteração do balanço climático, conhecido como aquecimento global.

O seqüestro de carbono através de atividades florestais se baseia em duas premissas: primeira, o gás carbônico é um gás atmosférico que circula no mundo todo, e, conseqüentemente, os esforços para a remoção dos gases do efeito estufa pelas florestas terão efeito igual, sejam eles aplicados próximos à fonte ou do outro lado do mundo; segunda, a vegetação verde retira o gás carbônico da atmosfera através do processo da fotossíntese, convertendo-o em compostos orgânicos utilizados no crescimento e metabolismo vegetal. Dessa forma, as plantas lenhosas armazenam carbono em madeira e outros tecidos até a morte e a decomposição, fase que o carbono na madeira poderá ser desprendido na forma de gás carbônico, monóxido de carbono, ou metano, ou poderá ficar incorporado no solo como substância orgânica (COSTA, 1998).

A conservação de florestas faz com que o elemento carbono (C) encerre seu ciclo na natureza, sendo aproveitado na composição de corpos vegetais, impedindo que o carbono fique livre na atmosfera, sendo para este fato, designado o termo “Seqüestro de Carbono”. As árvores são consideradas boas “seqüestradoras”, pois precisam de alta quantidade de carbono para se desenvolverem, então se encarregam naturalmente de tirar esse elemento do ar. O plantio delas e a recuperação de áreas plantadas vêm sendo considerados uma prioridade assim

como, o plantio em sistema de consórcio com cupuaçuzeiro, seria viável no processo de remoção do gás carbônico da atmosfera.

Estudos observacionais e de modelagem apresentados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2008) apontam causas de origem antrópicas como fonte das mudanças climáticas, dentre estas, destaca-se as alterações do uso e cobertura da terra. Para a região Amazônica, Nobre et al. (2007) relatam que "tais alterações estão ligadas diretamente ao desmatamento de sistemas florestais para transformação em sistemas agrícolas e/ou pastagem, o que implica em transferência de carbono (na forma de dióxido de carbono) da biosfera para a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global, o qual por sua vez acaba atuando sobre a região Amazônica".

Montagnini e Nair (2004) destacam que a busca por sistemas de baixo custo esta emergindo como um dos principais objetivos da política internacional no contexto dos mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL), por meio de créditos de carbono. A estimativa de biomassa de sistemas florestais é relevante no planejamento do uso sustentável dos recursos naturais, assim como nas questões relacionadas ao clima, onde a biomassa é utilizada para estimar o estoque de carbono da vegetação e a quantidade de CO₂ que é liberada para atmosfera devido à adoção de diferentes usos da terra. A resposta de acúmulo de biomassa é variável, devido cada espécie possuir características genéticas diferentes e conseqüentemente, adaptações fisiológicas diferentes cada sistema de consórcio implantado possui uma dinâmica fotossintética diferenciada devido às condições edafoclimáticas e pelo arranjo das espécies utilizadas em sua composição, formando assim, classes distintas de estoque de carbono.

A eficiência do processo pelos quais as plantas se alimentam, em seu ambiente de cultivo, está relacionada a diversos fatores externos e internos. Uma planta se torna mais eficiente na absorção de nutrientes, quanto melhor distribuído for o seu sistema radicular. Portanto, o conhecimento da composição mineral dos frutos e da quantidade de nutrientes por eles removidos é uma ferramenta importante para se formularem recomendações de adubação Malavolta, (2006).

No caso do cupuaçuzeiro, embora existam limitações devido à influência de fatores genéticos, de produção e variação sazonal, a estimativa de exportação de nutrientes pela colheita dá uma idéia sobre a necessidade de reposição por meio de

fertilizantes, Cravo e Souza, (1996). Neste contexto, os estudos que abordam o acúmulo dos nutrientes podem otimizar o manejo de produção de cupuaçuzeiro.

De acordo com Carvalho et al. (1999) o principal aspecto agrônômico associado à sustentabilidade do cultivo do cupuaçuzeiro na Amazônia abrange a “reposição dos nutrientes extraídos do solo”. Por outro lado, o mesmo autor observa que a elevada exportação de nutrientes durante a colheita de frutos, associada à baixa fertilidade dos solos e a insuficiente utilização de insumos, comprometem o crescimento e a sustentabilidade dos cultivos ao longo do tempo.

Conhecer os aspectos nutricionais, para que estes não sejam fatores limitantes, é fundamental para garantir a máxima expressão genética de plantas melhoradas. Para a nutrição adequada das plantas, além da quantidade e da relação entre nutrientes, é preciso conhecer os padrões normais de acúmulo de elementos na massa seca e dos nutrientes ao longo do tempo de cultivo.

O acúmulo de biomassa vegetal, seja como produto de interesse econômico ou do ponto de vista ecológico, é estritamente dependente do processo fotossintético. Normalmente, a medida seqüencial do acúmulo de matéria orgânica, considerando-se o peso das partes secas da planta (frutos, caule, folhas e outros), é o fundamento da análise de crescimento (FONTES, et al. 2005).

Os mecanismos de crescimento e desenvolvimento de plantas controlam o desempenho das diferentes cultivares e são condicionados pelas características genéticas intrínsecas e pelos fatores ambientais (LESSA, 2007).

A análise de crescimento tem como objetivo descrever e interpretar o desempenho de determinada espécie, crescendo em condições de ambiente natural ou controlado. Os índices envolvidos, determinados na análise de crescimento, indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar (fonte) e alocar a massa produzida para os diversos órgãos (dreno). Portanto, a análise de crescimento, além de expressar as condições morfofisiológicas da planta e quantificar a produção líquida, gera descrição clara do padrão de crescimento da planta, permitindo a comparação entre situações distintas (FONTES et al. 2005; BARCELOS et al. 2007).

Assim, a análise de crescimento torna-se uma ferramenta bastante importante no processo de investigação da produção de biomassa na cultura do cupuaçuzeiro.

As hipóteses deste trabalho foram:

Há diferença na produção de massa seca e o estoque de carbono estimado no consórcio de duas progênes meios irmãos (PMIs) 186 e 215 de cupuaçuzeiro em cada órgão, em função da idade;

Há diferença na produção de massa seca, fixação de carbono, teores e exportação de macronutrientes nos componentes dos frutos casca, polpa e sementes de cupuaçuzeiro;

A cultura do cupuaçuzeiro é uma fixadora de carbono e geradora de CERs e pode ser utilizada como alternativa de projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

O trabalho teve como objetivo:

Avaliar a produção de massa seca e quantidade de carbono estocada nos órgãos das progênes meios irmãos 186 e 215 de cupuaçuzeiro, em função da idade.

Avaliar produção de massa seca e estoque de carbono em cupuaçuzeiro com idade de 1 a 7 anos, exportação de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiro nas progênes meios irmãos 186 e 215.

Analisar a viabilidade econômica, estoque de carbono e a possibilidade de geração de Certificados de Emissões Reduzidas (CER's) em cupuaçuzeiro, no município de Belém, Estado do Pará.

O trabalho foi dividido em quatro capítulos. No primeiro realizou-se a contextualização, em que foi abordada a questão do aquecimento global, suas consequências e as medidas que têm sido adotadas na tentativa de minimização do problema uma das quais o plantio de cupuaçuzeiro, enfocando o crescimento, produção de biomassa e exportação de macronutrientes.

No segundo capítulo deu-se ênfase à produção de biomassa e estoque de carbono fixado por progênes de cupuaçuzeiro, em Belém-Pará nos diversos órgãos (caule, ramos primários, ramos secundários e folhas), nas progênes 215 e 186.

No terceiro capítulo avaliou-se a produção de massa seca, estoque de carbono e exportação de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiro, em Belém Pará.

No quarto capítulo, deu-se ênfase à geração e compatibilização de CERs no plantio de cupuaçuzeiro. Foi analisada a viabilidade econômica do plantio com e sem os créditos de carbono. Para isso, foi feita uma simulação do plantio aos 25 anos de idade; identificaram-se os principais itens de custos e as receitas; realizou-se a análise econômica; procedeu-se à análise de sensibilidade no cenário considerando a inclusão dos CER's; e discutiu-se a possibilidade do plantio ser utilizado como alternativa de projeto de MDL.

REFERÊNCIAS

BARCELOS, M. D.; GARCIA, A.; MARCIEL JUNIOR, V. A. Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em um Latossolo vermelho-amarelo. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 21-27, jan./fev., 2007.

BERTOLINO, M. L. A questão ambiental: florestas e biodiversidade. In: Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, 1., 2007, Taubaté. **Anais...** Taubaté: Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas, 2007. p. 245-252.

CARVALHO, J. E. U.; MULLER, C. H.; BENCHIMOL, R. L.; KATE, A. K.; ALVES, R. M. 1999. Copoasu *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng) Schum): cultivo y utilización. **Manual técnico**. Tratado de Cooperación Amazônica, Caracas, Venezuela. 152p.

COSTA, P. M. Créditos de absorção de CO₂: uma breve história da evolução dos mercados. **Silvicultura**, n.76, p. 24-33, 1998.

CRAVO, M. S.; SOUZA, A. G. C. Exportação de nutrientes por fruto de cupuaçuzeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p.632- 633.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, jan./mar. 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Mudanças climáticas**. Climate Change. 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 24 nov. 2008.

LESSA, L. S. **Avaliação agronômica, seleção simultânea de caracteres múltiplos em híbridos diplóides (AA) e desempenho fisiológico de cultivares de bananeira**. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Biológicas e Ambientais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas- BA, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. New York, **Agroforestry Systems**. v.61, p.281-295, 2004.

NOBRE, C. A.; Sampaio, G.; Salazar, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v.59, p.22-27. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br>>. Acesso em: ago. 2007.

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO FIXADO POR PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO, EM BELÉM - PARÁ

RESUMO

A questão das mudanças climáticas vem ganhando destaque e sendo muito discutida pela comunidade científica mundial que tem se preocupado com o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera. A cultura do cupuaçuzeiro apresenta bom desenvolvimento e espécies que tem crescimento rápido são consideradas eficientes na fixação de carbono. Nesta pesquisa foram utilizadas as progênies meios irmãos (PMIs) de cupuaçuzeiro 186 e 215 em diferentes idades. O objetivo deste trabalho foi determinar a produção de massa seca e o estoque de carbono, nos diferentes órgãos da planta caule, folhas, ramos primários e secundários, das PMIs, em diferentes idades. A pesquisa foi realizada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. Foram amostradas 70 árvores, no período de 7 anos, sendo 5 de cada progênie por ano nas quais foram determinadas a massa seca de folhas, caule, ramos primários, ramos secundários e o estoque de carbono. O estoque de carbono determinado foi em média 50,79; 89,23; 64,76 e 98,89 kg ha⁻¹ para caule, folhas, ramos primários e secundários, respectivamente. Para massa seca: obteve-se 1.338,25; 2.411,98; 1.748,53 e 2.672,10 kg ha⁻¹ para caule, folhas, ramos primários e secundários. A produção de massa seca total da parte aérea na progênie 186 no sétimo ano foi de 9.243,6 kg ha⁻¹, e na 215 foi de 7.231,2 kg ha⁻¹. Com relação ao estoque total de carbono na progênie 186 aos sete anos foi de 341,78 e na 215 de 267,78 kg ha⁻¹.

Palavra-chave: Massa seca, órgãos, *Theobroma grandiflorum*

ABSTRACT

The climate change issue has been gaining attention and being much discussed by the scientific community has been concerned with increasing concentration of carbon dioxide in the atmosphere. The culture of cupuassu presents good development and species that have rapid growth are considered efficient in carbon sequestration. In this study we used the half-sib progenies (PMIs) cupuassu 186 and 215 at different ages. The objective of this study was to determine the dry matter production and carbon storage in different organs of the plant stems, leaves, primary and secondary branches, the PMIs, at different ages. The research was conducted at the Experimental Station of Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará 70 trees were sampled in the period of 7 years, 5 of each year in which progeny were determined the dry mass of leaves, stem, primary branches, twigs side and carbon stock. The carbon was determined on average 50,79; 89,23; 64,76 and 98,89 kg ha⁻¹ for stem, leaves, branches, primary and secondary, respectively. For dry matter: there was 1338,25; 2411,98; 1748,53 and 2672,10 kg ha⁻¹ for stem, leaves, primary and secondary branches. The production of total dry mass of shoots in 186 progeny in the seventh year was 9243,6 kg ha⁻¹, and 215 was 7231,2 kg ha⁻¹. With respect to the total carbon stock in 186 progeny at seven years was 341,78 and 215, 267,78 kg ha⁻¹.

Keywords: Dry matter, organs, *Theobroma grandiflorum*

2.1 INTRODUÇÃO

A grande quantidade de gases emitidos decorrentes das atividades humanas, principalmente da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento, vem ocasionando acúmulo de carbono em forma de CO₂ na atmosfera e, conseqüentemente, a elevação da temperatura global.

Buscando estabelecer medidas para diminuição da emissão dos Gases de Efeito-Estufa (GEE), foi ratificado o Protocolo de Kyoto, que determinou prazos e metas para reduções dos GEE e prevê a utilização de mecanismos de flexibilização. Dentre esses mecanismos, destaca-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o qual permite aos países desenvolvidos compensarem suas emissões por meio de financiamentos de projetos ambientais sediados em países em desenvolvimento.

A floresta amazônica é capaz de armazenar quantidade de carbono equivalente à emitida pela população humana durante mais de uma década. Numericamente, mantêm, em média, na vegetação, cerca de 420 toneladas por hectare de biomassa vegetal, o que corresponde a 210 toneladas por hectare de Carbono (HOUGHTON et al. 2000).

Para Albrecht e Kandji (2003), o "seqüestro" de carbono por culturas perenes apresenta vantagens comparativas, pois, além de estocar o carbono por longo período de tempo, a exploração econômica dessas culturas não necessariamente termina com o corte da madeira, o que provavelmente levaria à emissão de CO₂ para a atmosfera.

A implantação de cupuaçuzeiro tem sido uma experiência singular, que os novos ventos do ambientalismo tendem a reavaliar, quanto à busca de uma nova dimensão, com vistas a reduzir o seu passivo ambiental. A plena compreensão das lições do passado é importante para determinar os rumos para inserir esta prática agrícola em bases mais sustentáveis.

O cupuaçuzeiro originário da Amazônia Oriental, mais precisamente do Estado do Pará (INPA, 2011) é uma planta que passou de um processo de substituição do extrativismo para a forma domesticada, tudo isso considerando o aumento da demanda nacional e internacional, principalmente para o comércio de polpa, que nos últimos anos vem crescendo gradativamente.

O Estado do Pará apresenta-se como o maior produtor nacional da cultura com uma área de 28.964 ha, distribuídos em todos os municípios. Hoje a produção de cultivo racional representa 70% da produção, contra 30% da produção extrativa. No Pará a produção de frutos passou de 12.970 toneladas em 1997 para 41.274 toneladas em 2009 (PARÁ, 2010).

O interesse pela cultura resultou em crescente evolução da área plantada, principalmente no Pará. Sabe-se que o cupuaçuzeiro representa destaque no contexto socioeconômico, por gerar emprego não somente em época de safra do fruto, bem como por contribuir na receita líquida do Estado em cultivo da espécie. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de massa seca e quantidade de carbono estocada nos órgãos da planta de cupuaçuzeiro em função da idade.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em uma área de consórcio cupuaçuzeiro x açazeiro x bananeira no período de 2002 a 2009 na Embrapa Amazônia Oriental, localizada na cidade de Belém, no Estado do Pará (Figura 1). Limitado pelas coordenadas 01°24'59" e 01°27'40" de Latitude Sul, e 48°20'55" e 48°26'59" de Longitude Oeste de Greenwich. A temperatura média mensal em Belém é de 27,1°C, com umidade relativa do ar de 80 %. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Af, com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm anuais, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca, ou menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993).

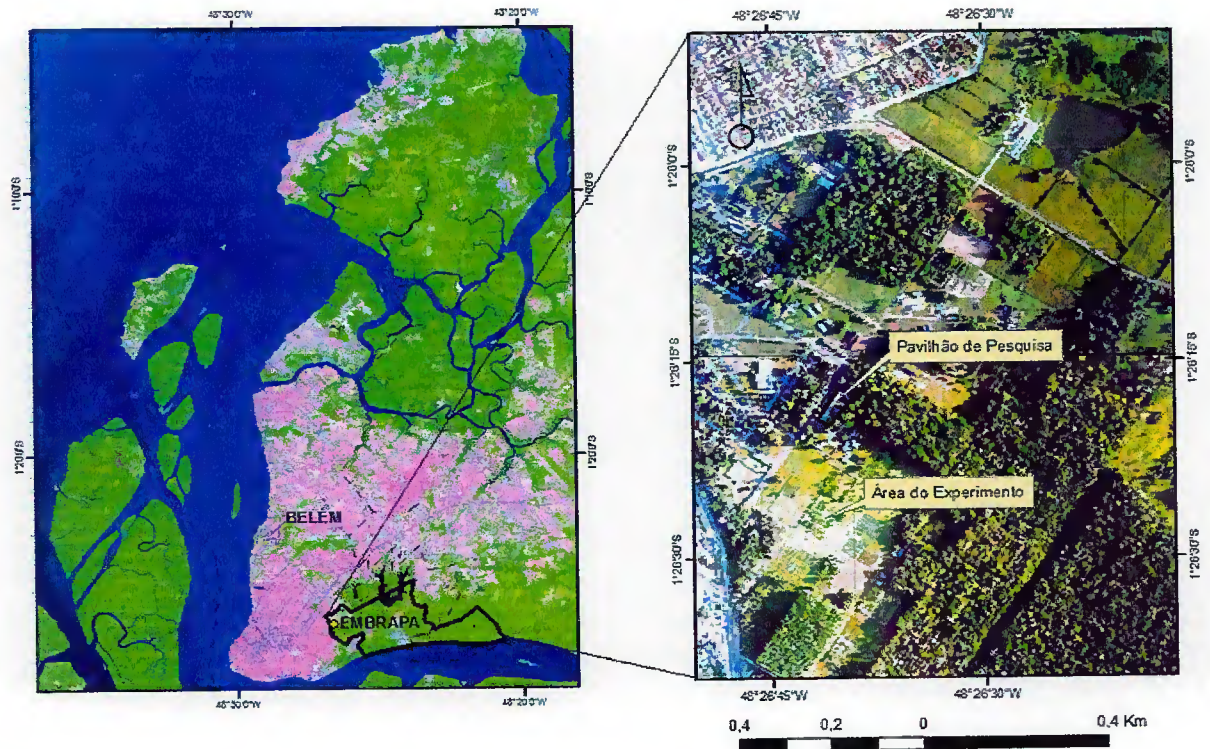


Figura 1 - Imagens de localização do experimento

Os dados médios mensais referentes à temperatura, precipitação pluviométrica e brilho solar durante a condução do experimento, coletados na Estação Meteorológica da Embrapa/Belém estão na (Figura 2).

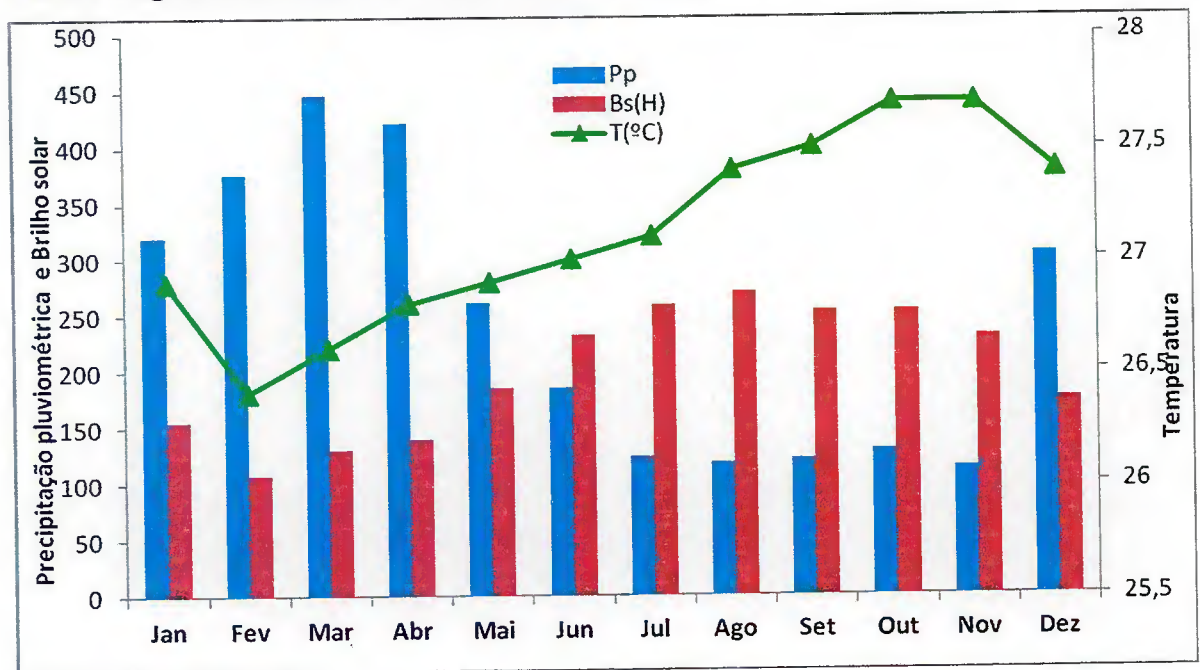


Figura 2 - Dados médios mensais de precipitação pluviométrica, temperatura e brilho solar, no período de 2002 a 2009. (Pp – Precipitação Pluviométrica em mm; T – Temperatura média em °C- Bs – Brilho solar em horas)

A área de estudo possui 4.300 m², com as progênes 186 e 215 de cupuaçuzeiro plantadas e dispostas em linhas de forma alternada em espaçamento 5x5 m, cultivado em consórcio com bananeira, utilizadas como sombreamento provisório e açaizeiro como sombreamento definitivo. A Figura 3 evidencia a distribuição das plantas de cupuaçuzeiro consorciadas com açaizeiro e bananeiras. A pesquisa foi realizada durante sete anos, com avaliações anuais, de 5 plantas de cada progênie, com um total de 70 plantas.

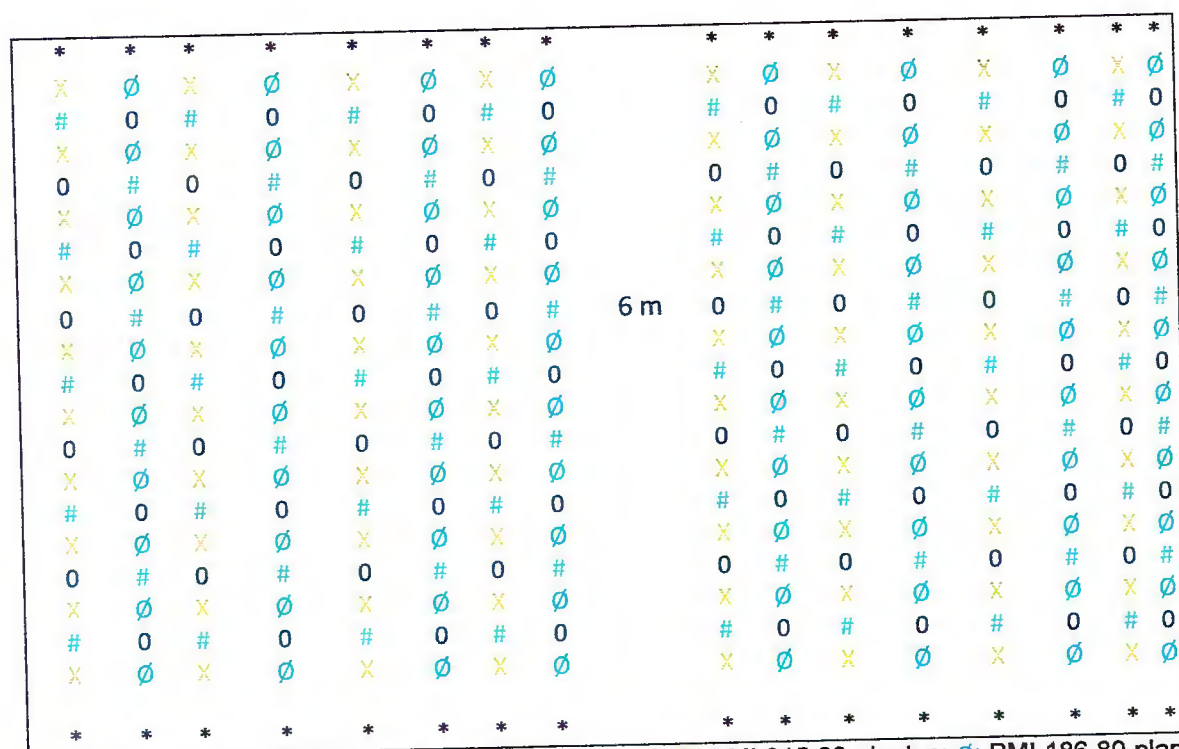


Figura 3 - Croqui de implantação da área experimental (X: PMI 215 80 plantas; Ø: PMI 186 80 plantas; #: Bananeira PV 0376 - 72 plantas; * bananeira pioneira - 32 plantas e 0: Açaí 72 plantas)

Na Figura 4a verifica-se a distribuição das árvores de cupuaçuzeiro em consórcio com a bananeira como sombreamento provisório. Na Figura 4b em consórcio com açaizeiro e Figura 4c cupuaçuzeiro com um ano de idade em plena coleta de folhas, ramos e caule para análises. Para a seleção das plantas de cupuaçuzeiro, foram considerados alguns critérios como: plantas localizadas na mesma parcela, representativas de mesma idade, uniformes, nutridas, sadias e bem desenvolvidas. Após a identificação das plantas, procedeu-se à mensuração da árvore.



Figura 4- Plantio de cupuaçuzeiro utilizando bananeira, como sombreamento provisório (4a), açazeiro como sombreamento definitivo (Figura 4b) e (Figura 4c) cupuaçuzeiro com um ano de idade durante a coleta das folhas, ramos e caule.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrófico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). Foram coletadas amostras de solo em 2002 antes da implantação do experimento (Tabela 1), na profundidade de 0 - 0,20 m. Em 2005, durante a condução do experimento (Tabela 2) e no final do experimento (2009), as coletas foram feitas nas linhas e nas entre linhas de plantio nas profundidades de 0 - 0,2 e 0,2 - 0,4m (Tabela 3). As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

Tabela 1- Caracterização química da amostra do solo em diversos pontos do experimento antes da implantação do experimento (2002)

Identif. da amostra	Prof. (cm)	pH água	P	K	Ca	Ca+Mg	Al
			----mg dm ³ ----		-----cmol _c dm ³ -----		
	0-20	4,3	4	19	0,4	0,2	0,8

Tabela 2- Caracterização química e granulométrica de amostras do solo em diversos pontos do experimento durante a pesquisa(2005)

Identificação da amostra		Prof. (cm)	Granulometria (g kg)							
			Areia grossa	Areia fina		Silte		Argila total		
PMI 215		0-20	649	231		41		80		
PMI 186		0-20	605	265		31		100		
Identif. da amostra	Prof. (cm)	pH água	MO g kg	P	K	Na	Ca	Ca+Mg	Al	H+Al
				----mg dm ³ ----			----cmol _c dm ³ ----			
PMI 215	0-20	4,0	8,91	206	61	21	1,0	1,7	1,1	5,45
PMI 186	0-20	4,2	8,36	193	49	16	0,8	1,3	0,9	3,96

Tabela 3- Caracterização química e granulométrica de amostras do solo em diversos pontos do experimento na finalização da pesquisa (2009)

Identificação da amostra		Prof. (cm)	Granulometria (g kg)								
			Areia grossa	Areia fina		Silte		Argila total			
Linha (L)		0-20	671	204		45		80			
Entrelinha (EL)		0-20	659	207		54		80			
Linha (L)		20-40	601	219		60		120			
Entrelinha (EL)		20-40	498	339		43		120			
Identif. da amostra	Prof. (cm)	pH água	N %	MO g kg	P	K	Na	Ca	Ca+Mg	Al	H+Al
					----mg dm ³ ----			----cmol _c dm ³ ----			
(L)	0-20	4,8	0,17	14,39	22	23	13	0,3	0,5	1,3	7,92
(EL)	0-20	4,7	0,16	8,00	20	21	10	0,3	0,5	1,4	8,42
(L)	20-40	4,8	0,11	10,76	25	17	8	0,3	0,5	1,4	7,92
(EL)	20-40	4,7	0,10	11,35	25	15	8	0,3	0,5	1,3	7,10

A adubação no consórcio cupuaçuzeiro x açaizeiro x babaneira foi iniciada pela bananeira, um ano antes da implantação do cupuaçuzeiro com 50g de superfosfato triplo (SFT). Dois meses depois houve a adubação com 1kg de torta de mamona (TM) por planta e no mês seguinte 200g de cloreto de potássio (KCL). Três meses após, foi realizada a adubação em cobertura com 250g de uréia, 250g de KCL, 100g de calcário dolomítico e 10g de FTE. No açaizeiro com um ano de idade, foi realizada a adubação em cobertura com 70g de uréia, 100g de SFT, 85g de KCL, 90g de sulfato de magnésio e 5g de FTE por planta. No cupuaçuzeiro no ano de implantação foi realizada a adubação em cova com 25g de SFT, 100g de KCL e 500g de TM. Dois meses após, houve adubação em cobertura com 100g de uréia, 200g de KCL, 50g de SFT e 50g de sulfato de magnésio. No mês seguinte foi realizada a adubação orgânica com 1kg de TM por planta e feito cobertura com

capim e folha de bananeira. Em 2004 foi realizada a adubação em cobertura com 107g de uréia, 178g SFT, 142g de KCL, 20g de FTE e 50g de sulfato de magnésio. No ano seguinte, foi realizada a adubação com 180g de uréia, 200g SFT, 170g de KCL, 200g de sulfato de magnésio, 10g de FTE. Em 2007 foi realizada adubação com 200g de uréia, 100g de KCL, 100g de SFT, 100g de sulfato de magnésio e 20g de FTE.

2.2. 2 Determinação da altura e diâmetro médio do cupuaçuzeiro

Baseado na altura e diâmetro médio foram selecionadas cinco árvores de cupuaçuzeiro em cada progênie, para a quantificação da parte aérea (ramos primários, ramos secundários, caule e folhas). A altura foi tomada com aparelho chamado vertex hipsômetro modelo Blume-Leiss da Winkel, escala de 0,5 metro, fazendo-se a leitura a 10 metros de distância da planta com auxílio de uma trena de igual comprimento. Desta distância das árvores, anotou-se a altura da árvore a partir de 1,30 m até extremidade da copa. A circunferência da base do caule foi mensurada com trena flexível modelo Level, com 1,5 metros de comprimento.

2.2. 3 Obtenção e preparo das amostras

Cada componente do cupuaçuzeiro foi coletado e posto sobre lona. Em seguida, com auxílio de balança obteve-se o peso da massa fresca total de cada órgão. Posteriormente retirou-se uma amostra representativa de peso conhecido (500g). Essa amostra após a limpeza com água destilada foi acondicionada em saco de papel Kraft e levada para secar em estufa de ventilação forçada de ar, regulada para operar na temperatura de 70°C, até atingir peso de massa constante. Obteve-se desta forma, a massa seca das amostras dos diferentes componentes do cupuaçuzeiro.

Para os dados de biomassa coletados no campo, utilizou-se amostragem de cinco árvores, de cada PMI em cada uma das idades, utilizando-se o método direto

(ou destrutivo), de árvores (SANQUETA et al. 2007; CARMO et al. 2004). O caule do cupuaçuzeiro foi pesado inteiro obtendo-se a biomassa total e retirada uma amostra em forma de disco de aproximadamente 2,5 cm de espessura, do terço inferior, médio e superior, baseando-se em estudo de Oliveira Neto et al. (2003).

No conjunto dos ramos foram retirados fragmentos de todos os ramos localizados em diferentes posições da copa da árvore, os quais foram misturados, formando uma amostra composta. Dessa amostra, foi retirada uma subamostra de 500g, a qual foi devidamente pesada e etiquetada.

2.2. 4 Determinação da biomassa e teor de carbono

A biomassa seca total do cupuaçuzeiro foi determinada por meio da soma da biomassa seca dos componentes da árvore em cada ano do experimento. Em seguida, esse valor foi extrapolado para 1 ha, considerando-se uma densidade de 400 plantas de cupuaçuzeiro no espaçamento de 5 x 5m.

Após as amostras dos componentes das plantas serem previamente secas e trituradas, foram determinados os teores de carbono total, no Laboratório de Ecofisiologia vegetal da Embrapa Amazônia Oriental, utilizando a metodologia de (BEZERRA NETO; BARRETO, 2004).

2.2.5 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjos em esquema fatorial de 7 x 4 x 2, com cinco repetições. Os fatores foram: sete idades, 4 órgãos (ramos primários, ramos secundários, caule e folhas) e duas PMIs sendo 215 e 186. As variáveis analisadas foram: a massa seca das folhas, ramos primários, ramos secundários e caule, teores de carbono e estoque de carbono da parte aérea da planta.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparadas pelo teste de SNK. Para a obtenção dos resultados utilizou-se o

programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007), obtido o nível de significância das variáveis foram determinadas as equações de regressão que melhor ajustaram os dados obtidos em função das idades.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Produção de massa seca da parte aérea

A produção de massa seca das partes estudadas apresentou resultados significativos para todas as variáveis estudadas, idades, progênie e órgão isoladamente, assim como, para a interação Idade x progênie, Idade x órgão, progênie x Órgão e idade x progênie x órgão. Os teores de carbono não apresentaram resultados significativos, diferentemente do acúmulo que apresentou resultados significativos para todas as fontes de variação estudadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo das análises de variâncias dos efeitos da idade, progênie e órgão, na produção de massa seca, teor e estoque de carbono em cupuaçuzeiro em (kg ha^{-1})

FV	GL	MS	TC	EC
IDADE(ID)	6	**	NS	**
PMI	1	**	NS	**
ÓRGÃO	3	**	NS	**
ID x PMI	6	**	NS	**
ID x ÓRGÃO	18	**	NS	**
PMI x ÓRGÃO	3	**	NS	**
IDA x PMI X ÓRGÃO	18	**	NS	**
CV(%)		5,99	0,20	5,93

F.V. fonte de variação; GL. grau de liberdade; MS: massa seca; TC.: Teores de carbono; EC: estoque de carbono; ID idade, PMI (progênie meio irmão) e CV, coeficiente de variação a 5 % de probabilidade.

A produção de massa seca nos órgãos do cupuaçuzeiro, nas PMIs e em função das idades encontra-se na (Figura 5). Observa-se na massa seca no caule, apresentou um comportamento linear crescente com o passar do tempo (Figura 5a).

Fato também observado nas demais partes da planta, ou seja, folhas (Figura 5b), ramos primários (Figura 5c) e ramos secundários (Figura 5d). Podemos observar que em todas as partes estudadas da planta ocorreu maior produção média de massa seca na progênie 186 quando comparada a 215, apesar do crescimento linear. Zonta et al. (2006) trabalhando com clones de eucalipto, obtiveram a indicação de que o comportamento linear da produção de matéria seca total pelos clones de eucalipto são convertidos em biomassa, o que contribui para o aumento da massa seca total.

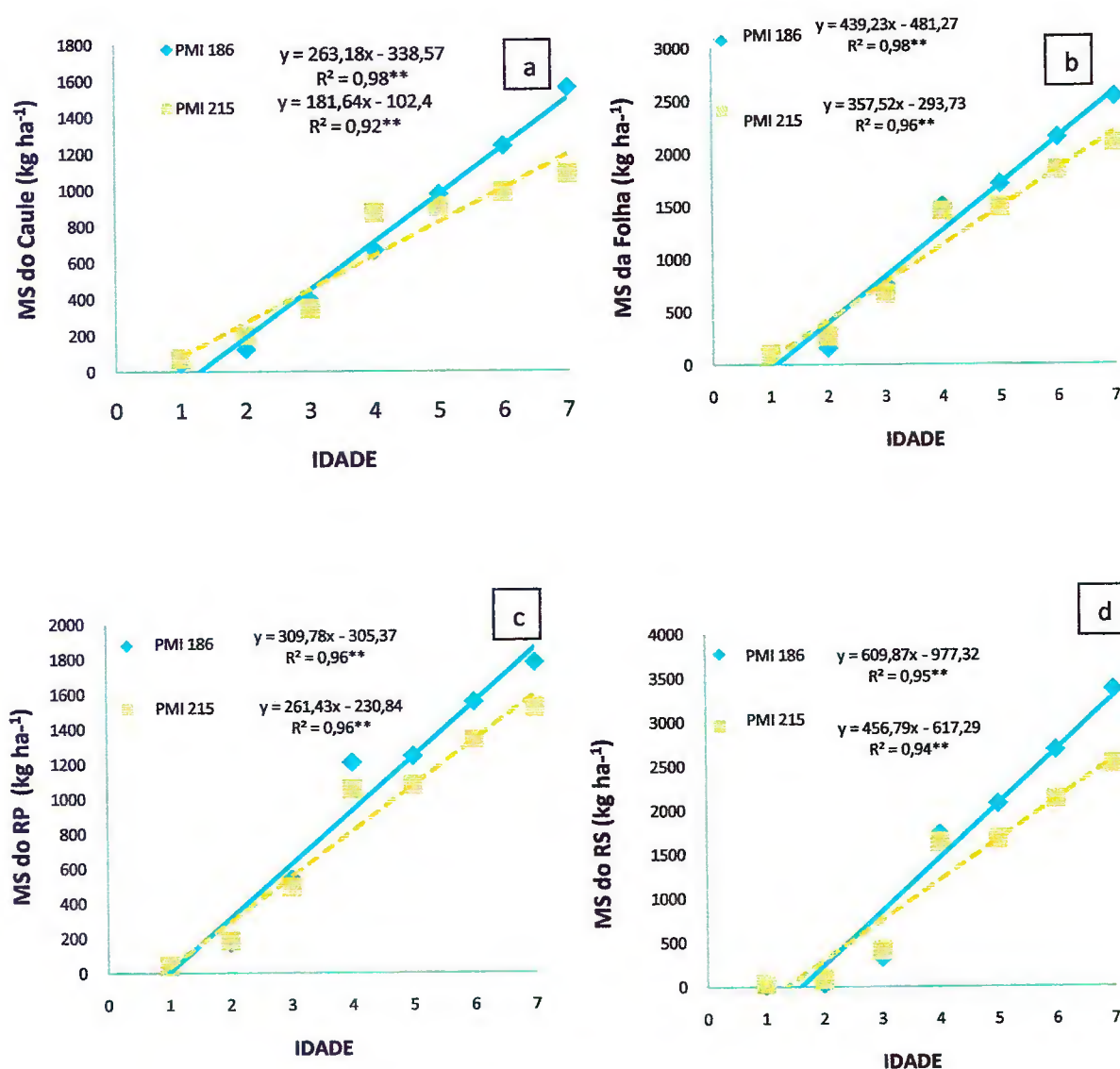


Figura 5 - Produção de massa seca do caule, das folhas, ramos primários e ramos secundários de cupuaçuzeiro em função da interação das progênies com a idade e os órgãos da planta.

A maior produção de massa do caule foi obtida na progênie 186 (Figura 5a), com 1.559,0 kg ha⁻¹ enquanto que a 215 apresentou 1.086,6 kg ha⁻¹ (Anexo 1). O maior incremento foi observado na progênie 215 com 527,8 kg ha⁻¹ no quarto ano. A progênie 186 manteve o incremento sempre crescente a exceção do sexto ano. Essa redução no incremento pode estar relacionada à queda das folhas, em que a emissão de novos folíolos os fotoassimilados se direcionam para a formação de área foliar, provocando redução no crescimento do caule. Tal suposição pode ser relacionada com os trabalhos realizados por Schumacher et al. (2001), com ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.

Os mesmos autores relatam ainda que com o decorrer do tempo, a produção de biomassa do tronco aumenta e a da copa diminui gradualmente. No entanto, era de se esperar que o maior percentual de biomassa no cupuaçuzeiro estivesse armazenado no caule, como acontece na maioria das espécies florestais. No entanto, verificou-se que isso não ocorreu, pois o componente onde foi encontrado maior estoque de biomassa foram os ramos. Isso pode ser justificado pela idade do plantio, pelo espaçamento adotado e pelas práticas silviculturais dispensadas ao cupuaçuzeiro, já que estas são utilizadas buscando uma maior produção de ramos e folhas, a fim de que haja maior área fotossintética e maior produção de frutos.

Ladeira et al. (2001) pesquisando a distribuição de biomassa nas espécies florestais de acordo com a idade em diferentes espécies do gênero *Eucalyptus*, encontraram para o caule, aos 15 meses, a biomassa estocada correspondente a 19,4% inferior a deste trabalho aos doze meses de 25,95%. Cotta et al. (2008) estudando a biomassa de consórcio seringueira x cacaueiro aos 6 anos obtiveram 11,8% para o caule no cacaueiro. Apesar de períodos diferentes, os valores encontrados por esses autores são inferiores a produção média de 16,52%, para os sete anos obtidos nesta pesquisa.

A maior produção de massa seca nas folhas (Figura 5b) foi obtida na (PMI) 186 com 2.541,8 kg ha⁻¹. Enquanto a progênie 215 obteve a maior produção de 2.107,4 kg ha⁻¹. O maior incremento observado entre as PMIs ocorreu no quarto ano, que foi verificado na 215 com média de 783,0 kg ha⁻¹ com 39% e na 186 com 744,4 kg ha⁻¹ com 30,4% (Anexo 1).

Soares et al. (1996) afirmaram que as folhas aos seis anos representam 2,11% da biomassa aérea de árvores de *Eucalyptus grandis*, em estudo realizado no município de Viçosa, MG. Estudando a biomassa de um consórcio seringueira x

cacaueiro, Cotta et al. (2008) obtiveram valores de partição de biomassa, nos componentes das plantas de cacaueiro aos seis anos de idade 19,6%, inferiores aos obtidos nesta pesquisa de 29,47% aos sete anos de idade. Nas culturas citadas aparecem valores mais baixos em virtude do espaçamento utilizado, pois a prioridade é o fuste e não ramos, diferente no caso do cupuaçuzeiro.

A produção de massa seca dos ramos primários na PMI 186 teve um crescimento ascendente até o sétimo ano com a maior produção correspondente a 1.778,4 kg ha⁻¹. Enquanto a PMI 215 apresentou 1.518,4 kg ha⁻¹ (Figura 5c). O maior incremento ocorreu com a PMI 215, com uma produção de 722,4 kg ha⁻¹ obtido no quinto ano (Anexo 1).

Trabalhos da literatura relacionados com biomassa de espécies florestais relatam que a maior produção encontra-se no caule e que folhagem, galhos e raízes vêm em seguida, dependendo da espécie e de sua arquitetura. Contrastando com esses resultados, esta pesquisa obteve maior produção nos ramos, 54,01% (primários e secundários).

Alves (2007), ao quantificar a biomassa em clones de eucaliptos com aproximadamente 4 anos, obteve para os ramos 11,05%. Watzlawick et al. (2006), em uma floresta ombrófila mista Montana, em General Carneiro, Estado do Paraná, aos seis anos obtiveram para biomassa seca, de 45,01 %, para galhos considerados vivos. Urbano et al. (2008), estudando bracatingais nativos da Região Metropolitana de Curitiba, encontraram valores para biomassa seca aos sete anos de 20,79% para galhos grossos e finos.

Alpizar et al. 1986, em estudo com a cultura do cacaueiro aos oito anos, observaram que a acumulação da biomassa é crescente até a fase da planta em produção. Nesta fase a sua taxa de acumulação torna-se constante, e que a maior produção de biomassa se concentra nos ramos, estando, portanto, em adequação com esta pesquisa.

A produção de massa seca nos ramos secundário das PMIs 186 e 215 aumentou em função da idade, sendo evidenciado maior produção na 186, com 3.364,4 kg ha⁻¹. A produção de massa seca da PMI 215 foi de 2.518,4 kg ha⁻¹ (Figura 5d). O maior incremento foi obtido na progênie 186, com 1.351,6 kg ha⁻¹ representando um percentual de 41% no quarto ano (Anexo 1). Essa tendência na distribuição de biomassa nas espécies florestais de acordo com a idade do plantio também foi verificada por Ladeira et al. (2001) para diferentes espécies do gênero

Eucalyptus. Nesse estudo, os autores observaram que aos 15 meses a proporção média de biomassa da copa era de 40,4%, e que, aos 84 meses, passou a ser apenas de 11,4%. Mesmo sendo de espécie diferente ao compararmos esses dados aos obtidos com este experimento verificamos que aos 24 meses a produção de massa seca copa (ramos e folhas) foi de 73,80%, e aos 84 meses 83,6%. No mesmo período, ou seja, 15 e 84 meses a produção de massa seca do experimento com cupuaçuzeiro aumentou diferentemente do apresentado pelos autores acima, em que ocorreu redução. Podemos deduzir com isto que a produção de massa seca do cupuaçuzeiro em condições de cultivo ocorre mais nos ramos e folhas, quando comparados com o caule da planta.

Cotta et al. (2008) quantificando a biomassa de um consórcio seringueira-cacaueiro obtiveram valores de partição de biomassa de cacaueiro aos oitos anos 40,9% para os ramos grosso, médio e fino. Nesta pesquisa aos sete anos também em consórcio, com a mesma competição por água, luz, nutrientes, sombra e também contribuindo para geração de matéria orgânica provenientes da queda de ramos e folhas dessas culturas, obteve-se para ramos grossos, médios e finos 54,01%.

Na produção de massa seca nas PMIs de cupuaçuzeiro desta pesquisa, constatou-se que os percentuais obtidos na PMI 186 foram: 16,28; 29,09; 21,29; 33,34 e na PMI 215 foi 16,8; 29,91; 21,45 e 31,84% respectivamente para caule, folhas, ramos primários e ramos secundários (Figura 6).

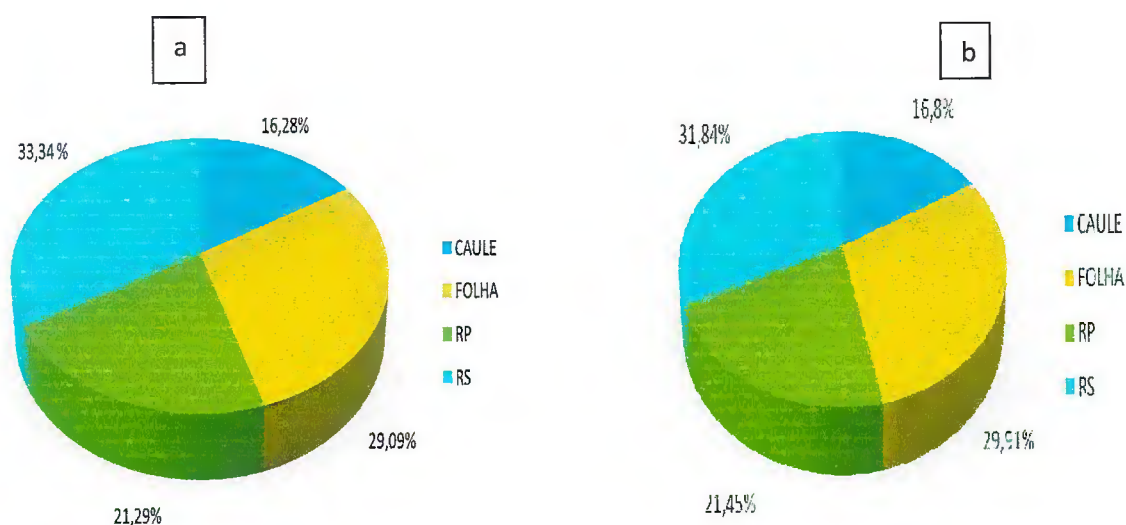


Figura 6 Produção de massa seca nos órgãos de cupuaçuzeiro e seus percentuais nas progênies 186(a) e 215 (b).

2.3.2 Produção de massa seca da parte aérea

Na produção de massa seca I (MSPA) do cupuaçuzeiro observa-se que a progênie 186 apresentou-se de maneira crescente até o sétimo ano com 9.243,6 kg ha⁻¹, e a progênie 215 apresentou comportamento semelhante, com 7.231,2 kg ha⁻¹ (Anexo 4). O maior incremento observado foi na PMI 215 com 3.100,7 kg ha⁻¹ no intervalo do quarto para o quinto ano representando 44,37% (Figura 7). Na PMI 186 o maior incremento foi observado também do quarto para o quinto ano com 3.090 kg ha⁻¹ correspondendo a 34,15%. Schumacher e Caldeira (2001) trabalhando com *Eucalyptus globulus* estimaram a biomassa total, acima do solo, do povoamento aos quatro anos de idade em 83,2 t ha⁻¹.

Nesta pesquisa o cupuaçuzeiro no quarto ano de idade do cupuaçuzeiro obteve-se 3,93 t ha⁻¹, justificado pelo espaçamento utilizado, arquitetura da planta é o investimento que se dá mais nos ramos e folhas para a maior produção de frutos influenciando em maior produção de fotoassimilados e conseqüentemente maior MST da planta. Schumacher (1998), com *Eucalyptus globulus*, aos quatro anos de idade, constatou que a copa representa 28% da biomassa total acima do solo, enquanto os 72% restantes são representados pelo caule. Na presente pesquisa o caule representou 17,3% do total de massa seca da parte aérea, enquanto que a copa (ramos e folhas) produziu 82,7%.

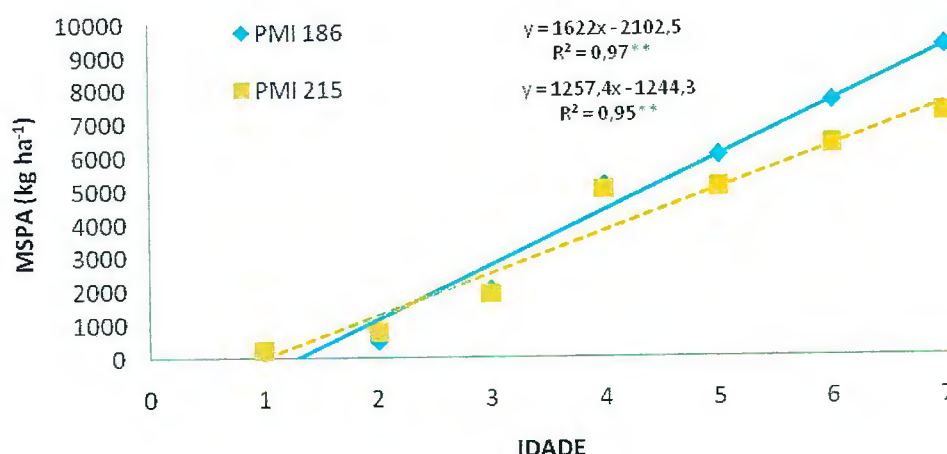


Figura 7. Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) nas PMIs de cupuaçuzeiro em relação à idade.

2.3.3 Estoque de carbono nos órgãos de cupuaçuzeiro

O resultado do estoque de carbono nas partes dos órgãos do cupuaçuzeiro das PMIs em função da idade encontra-se na Figura 8. À medida que os anos se sucederam, ocorreu incremento no estoque de carbono das PMI no caule da planta (Figura 8e), apresentando comportamento linear crescente com o passar do tempo. Fato também observado nas demais partes da planta, ou seja, folhas (Figura 8f), ramos primários (Figura 8g) e ramos secundários (Figura 8h). Em todas as partes da planta ocorreu maior estoque médio de carbono na progênie 186 quando comparada a 215.

O estoque de carbono obtido na massa seca do caule (Figura 8e) foi maior na progênie 186 com $57,58 \text{ kg ha}^{-1}$ e, na progênie 215, o estoque foi de $40,22 \text{ kg ha}^{-1}$. Na progênie 186 o maior incremento foi obtido no sétimo ano com $11,76 \text{ kg ha}^{-1}$ correspondendo 20,96% (Anexo 2). Na progênie 215 esse maior incremento foi verificado no quarto ano com $19,58 \text{ kg ha}^{-1}$ representando 49,31%. Apesar de maior estoque ser na progênie 186, o maior incremento ocorreu com a 215.

Caldeira et al. (2003) trabalhando com *Acacia mearnsii* aos quatro anos de idade chegaram a resultados de percentagem de carbono por hectare no caule de 70% e no sexto ano de 71%. Quando se relaciona os resultados obtidos com esta pesquisa, em que no quarto ano essa percentagem foi de 17,77% e 16,71% no sexto ano, portanto, com menores valores o que pode ser explicado com o fato do cupuaçuzeiro investir mais na produção de ramos e folhas visando mais produção de frutos e menos investimentos no caule.

Soares e Oliveira (2002), ajustando a equação de Schumacher-Hall para estimar o estoque de carbono, em povoamento de *Eucalyptus grandis*, no município de Viçosa- MG aos 77 meses de idade, obtiveram maiores variações no caule com 14,98 %, valores semelhantes aos determinados nesta pesquisa aos 84 meses com 16,42.

A Figura 8f mostra o estoque de carbono na massa seca das folhas em função da idade. O maior estoque de carbono nas folhas ocorreu na progênie 186 com $93,83 \text{ kg ha}^{-1}$ e pela progênie 215 com $78,12 \text{ kg ha}^{-1}$ (Anexo 2). O maior

incremento do estoque de carbono foi na progênie 215 com 28,92 kg ha⁻¹ entre o quarto ano e quinto ano, representando 38,79%.

Schumacher et al. (2000) em pesquisa com *Acacia mearnsii* com 6 anos, obtiveram valores de estoque de carbono nas folhas de 3,43 t ha⁻¹. Alves, (2007) pesquisando a quantificação da produção de biomassa e do teor de carbono fixado por clones de eucalipto, aos sete anos obteve nas folhas estoque de carbono de 2,93 t ha⁻¹. Quando relacionamos os resultados obtidos com esta pesquisa, verifica-se que, apesar dessa diferença quanto ao estoque de carbono nas folhas, pode-se justificar os dados do experimento com menores valores pelo fato de o cupuaçuzeiro ser implantado em espaçamentos diferentes, pela arquitetura da planta, estar em consórcio com outras culturas, o que propicia maior competição por água, luz, nutrientes, com maior investimento de massa seca mais em ramos e folhas quando comparados a essas culturas.

A PMI 186 apresentou maior estoque de carbono nos ramos primários (Figura 8g) com 65,85 kg ha⁻¹. Enquanto a PMI 215 foi obtido 56,24 kg ha⁻¹. O maior incremento ocorreu na progênie 186 com 38,35 kg ha⁻¹ com 49,2% entre o quarto e quinto ano. E a PMI 215 apresentou no mesmo período 20,80 kg ha⁻¹ representando 38,1% (Anexo 2). Os ramos primários e secundários representaram 54,09% do percentual do estoque de carbono verificado nas plantas de cupuaçuzeiro. Estudando as espécies *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rizophoramangle* no manguezal do Sítio Sandi, Santos-SP, Sampaio et al. (2009), verificaram que os ramos contribuíram com maior percentual de carbono com 41,36%. Apesar de serem espécies e comportamento diferentes inseri-se que o cupuaçuzeiro tem potencial no que se refere à produção estoque de carbono, quando se compara com os dados dos autores acima citados.

O estoque de carbono em ramos secundários apresentou comportamento linear crescente de acordo com a idade da planta (Figura 8h). A PMI 186 produziu maior estoque de carbono com 124,52 kg ha⁻¹ nos ramos secundários enquanto a 215 apresentou-se com 93,20 kg ha⁻¹. O maior incremento ocorreu na progênie 186 com 51,87 kg ha⁻¹ entre o quarto e quinto ano com 41,8%. A PMI 215 no mesmo período teve um incremento de 45,47 kg ha⁻¹ representando um percentual de 59,4% (Anexo 2). O que pode-se deduzir desses dados é que, com uma maior produção de ramos no início da produção, haverá maior incremento de

biomassa, maior área apta para fotossíntese, maior quantidade estocada de carbono e conseqüentemente maior produção de frutos.

Pelos dados obtidos sobre o estoque de carbono presente no cupuaçuzeiro, verifica-se que 83,58% encontravam-se na copa (ramos e folhas) e 16,42% no caule. Teixeira et al. (1994) em consórcio com seringueira x cacau, com 15 anos de idade, obtiveram o estoque de carbono estimado na copa (ramos e folhas) 66% na cultura do cacau. Essa diferença pode ser justificada devido a fatores como idade, metodologia utilizada e densidade dos indivíduos.

Caldeira et al. (2003) trabalhando com *Acacia mearnsii* na produção de carbono por hectare com quatro e seis anos de idade obtiveram 80 e 77% nos galhos vivos, respectivamente. Estes dados podem ser relacionados com a pesquisa que apresentou percentual de 50,54% e 63,33% no quarto e aos seis anos de idade nos respectivos órgãos. Estas diferenças podem ser justificadas por fatores adversos como espaçamento e arquitetura da planta. O cupuaçuzeiro foi cultivado em consórcio, o que demanda competição por água, luz, nutrientes e sombra.

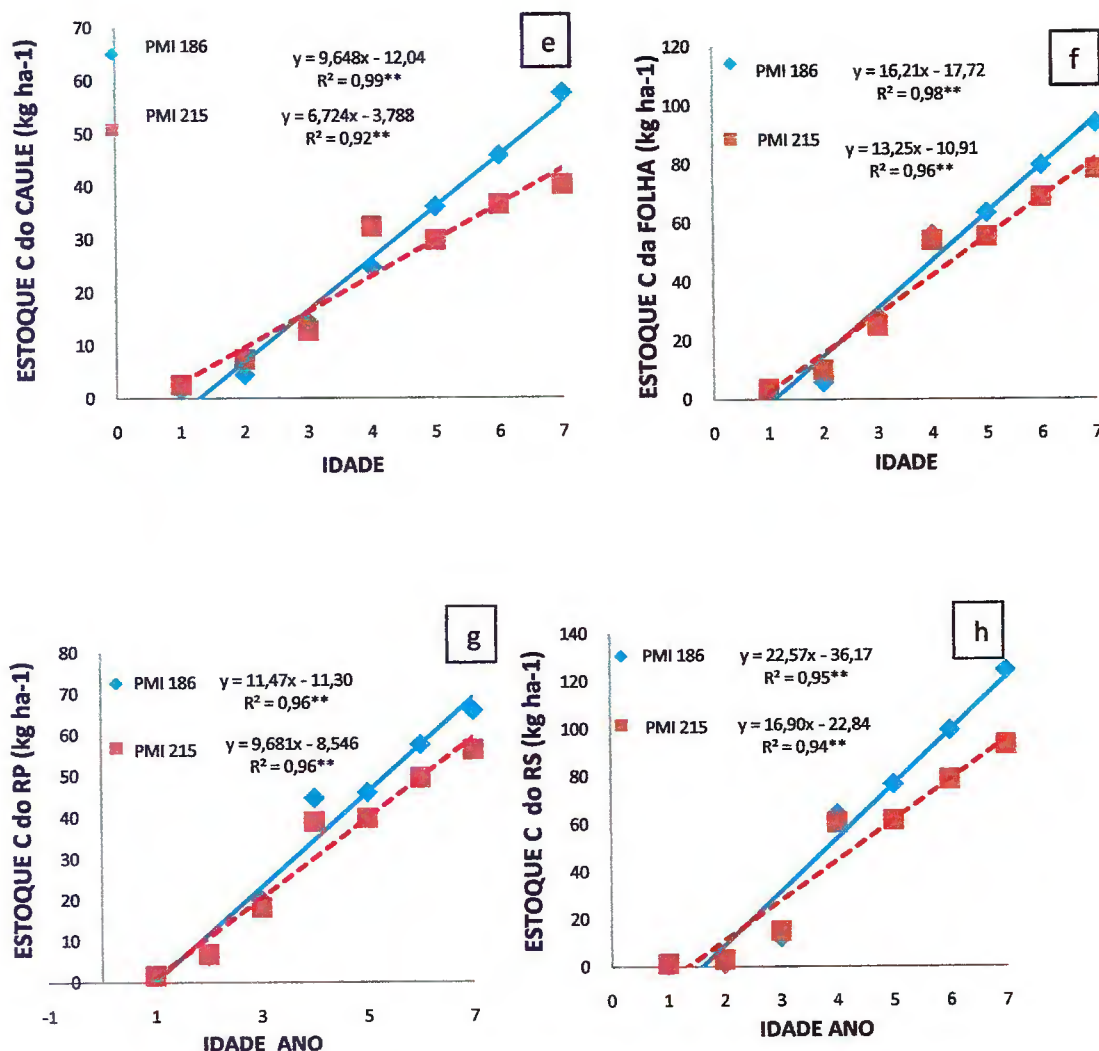


Figura 8 - Estoque de carbono na parte aérea de cupuaçuzeiro em função da interação das progênes com a idade e os órgãos da planta (Caule, Folhas, RP ramos primários e RS ramos secundários).

A partição do estoque de carbono nos diferentes órgãos da planta encontra-se na Figura 9. Observa-se que os percentuais obtidos na PMI 186 foram 16, 28; 29,09; 21,29; 33,34 e na PMI 215 de 16,8; 29,91; 21,45 e 31,84% respectivamente, para caule, folhas, ramos primários e ramos secundários (Figura 9).

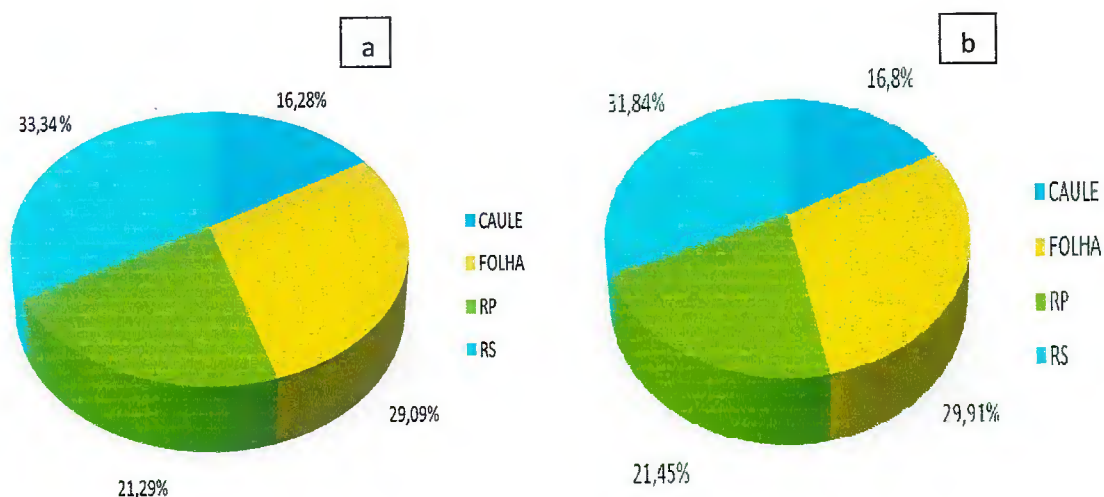


Figura 9 Produção de estoque de carbono nos órgãos de cupuaçuzeiro e seus percentuais nas progênes 186(a) e 215 (b).

2.3.4 Estoque total de carbono em órgãos de cupuaçuzeiro

O estoque total de carbono, na progênie 186 apresentou de maneira crescente até os sete anos, tendo crescimento máximo de $341,78 \text{ kg ha}^{-1}$. Em relação à progênie 215 apresentou semelhantemente, com um total de $267,78 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 10). O maior incremento na PMI 186 foi de 115 kg ha^{-1} no quarto ano, representando 17%. Na PMI 215 o maior incremento ocorreu também no quarto ano com $114,8 \text{ kg ha}^{-1}$ correspondendo a 18% (Anexo 5).

Soares e Oliveira (2002) trabalhando com *Eucalyptus grandis* W. Hill. ex-Maiden com 77 meses de idade, constataram que o caule representa a parte aérea com maior quantidade de carbono 83,24%, seguido dos ramos 6,87% e das folhas 2,48%. Diferente, portanto, desta pesquisa que obteve com as progênes de cupuaçuzeiro cultivados sob sistemas de consórcio com açaizeiro em média 16,39%; 29,44% e 54,17%, respectivamente, para caule, folhas e ramos. Estas diferenças podem estar relacionadas com vários fatores, entre eles as condições edafoclimáticas, sistema consorciado, densidade, espaçamento, a arquitetura da planta, tendo em vista que o cupuaçuzeiro investe mais em ramos e folha e conseqüente na maior produção de frutos.

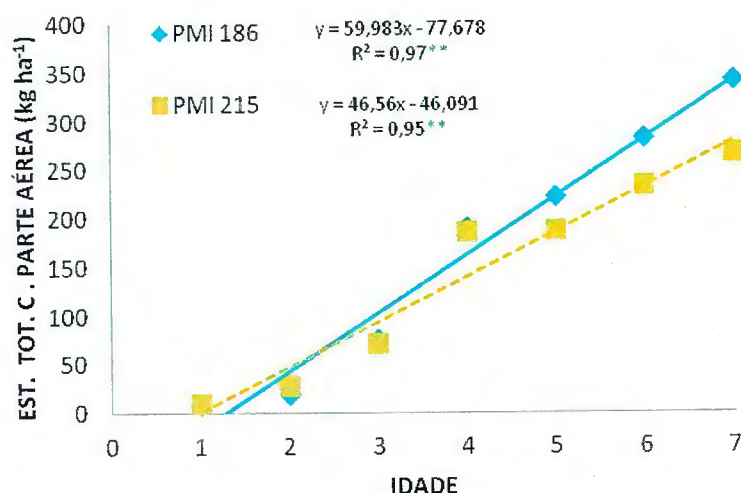


Figura 10. Estoque total de carbono da parte aérea em progênies de cupuaçuzeiro em relação à idade.

Balbinot et al. (2003), estudando *Pinus taeda* aos 5 anos de idade, estimaram o estoque de carbono, encontrando os seguintes valores: caule 9,5 e ramos 2,5 t ha⁻¹. Para florestas de *Acacia mearnsii* com 6 anos, Schumacher et al. (2000) obtiveram os seguintes resultados quanto à estoque de carbono nos componentes folhas, ramos e caule 3,43, 1,38 e 39,64 ha⁻¹, respectivamente. Enquanto nesta pesquisa com cupuaçuzeiro foram obtidos aos sete anos de idade 0,05, 0,09 e 0,16 t ha⁻¹. Estas diferenças podem estar relacionadas com condições naturais, pois o aumento do estoque de carbono depende de diversos fatores como: potencial genético para fixar carbono, absorver água e nutrientes, condições edafoclimáticas, doenças, pragas, competição com outras plantas, idade, características ecofisiológicas de cada espécie, bem como diferentes metodologias utilizadas para ser realizado o levantamento entre outros (LADEIRA et al. 2001).

2.4 CONCLUSÕES

- A produção de massa seca da parte aérea de plantas das progênies meios irmãos 186 e 215 de cupuaçuzeiro é crescente no decorrer dos anos, obedecendo à ordem: ramos secundários > folhas > ramos primários > caule;
- O estoque de carbono na biomassa arbórea, nas árvores de cupuaçuzeiro, embora apresente baixo estoque de carbono quando comparada com outras árvores Amazônicas, o credencia como atividade promissora na geração de Certificados de Emissões Reduzidas;
- O plantio de cupuaçuzeiro é importante para o resgate de CO₂ da atmosfera e, conseqüentemente, contribui para a mitigação do aquecimento global.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agricultural, Ecosystems and Environment**, v. 99, p. 15-27, 2003.

ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J.; FOSTER, H.; ENRIQUEZ, G. Modelling Agroforestry Systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. I. Inventory of organic matter and nutrients. **Agroforestry Systems**, n.4, p.175-189, 1986.

ALVES, A. M. C. **Estimativa da produção de biomassa e do teor de carbono seqüestrado por clones de eucaliptos, no pólo gessseiro do Araripe-PE**. 2007. 61f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L. F. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, Jan/Jun 2003.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de avaliação química em Plantas**. Recife: UFRPE, 2004. 149p.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearmsii* De Wild. plantados no Rio Grande do Sul. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.1, n.2, p.47-54, 2003.

CARMO, C. A. F. S. et al., **Estimativa do estoque de carbono na biomassa de clones de seringueira em solos da Zona da Mata/MG**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 14p.

COTTA, M. K.; JACOVINE, L. A. G.; PAIVA, H. N.; SOARES, C. P. B.; VIRGENS FILHO, A. C.; VALVERDE, S. R. Quantificação de biomassa e geração de certificados de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 969-978, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Versão 5.0**. Departamento de Ciências Exatas. UFLA, Lavras, MG, 2007.

HOUGHTON, R. A. et al. "Annual Fluxes of Carbon from Deforestation and Regrowth in the Brazilian Amazon". **Nature**, n.403, p. 301-304, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA. **Origem do cupuaçuzeiro**. Clube do Cupuaçu e INPA promovem Oficina da Cultura do Cupuaçu. On-line. Disponível em: <http://www.inpa.gov.br/em_evidencia/03-07-17_oficina_cultura_cupu_acu.htm> Acesso em 04 maio 2011.

LADEIRA, B. C.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos, em uma sequência de idade. **Revista Árvore**, v. 25, n.1, p. 69-78, 2001.

NECHET, D. Variabilidade Diurna de Precipitação em Santarém-PA, **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, n. 45-46, p. 144-149. 1993.

OLIVEIRA NETO, S. N. et al. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.15-23, 2003.

PARÁ. Secretaria de Estado de Agricultura do Estado do Pará – SAGRI. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA/2003 a 2009**. Elaboração e Sistematização: IBGE-GCEA- SAGRI/GEEMA: Disponível: <http://www.sagri.pa.gov.br/?q=node/125> html. Acesso em: 06 set. 2010.

RAIJ, B. VAN.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

SAMPAIO, P. S. P.; RIBAS, E. S.; ALMEIDA, G. J.; PEDRO, G. A. Estimativa da biomassa e carbono existência: o caso do manguezal na área do sítio sândi. **Revista Ceciliana** 1(2): 39-43, 2009. Santos. SP.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. Quantificação do estoque de carbono fixado em reflorestamentos de pinus na área de domínio da floresta ombrófila mista no Paraná. **Cerne**. Universidade Federal de Lavras, v. 13, n. 1, p. 32-39, jan./mar. 2007.

SCHUMACHER, M. V. Estudo da biomassa e dos nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subespécie bicostata. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n.2, p.281-286, 1998.

_____, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. ; TEDESCO, N. ; SANTOS, E. M. S. Ciclagem de nutrientes em acácia mearnsii de wild. v. quantificação do conteúdo de nutrientes na biomassa aérea de *acácia mearnsii* de wild. procedência australiana. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.977-982, 2000.

_____; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie maidenii. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n. 1, p. 45-53, 2001.

SCHUMACHER, M. V. et al. Quantificação do carbono orgânico em floresta de *Acácia mearnsii* De Wild em diferentes idades. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2., 2001, Santa Maria- RS, **Anais...** Santa Maria: 2001. p.387-399.

SOARES, C. P. B. et al. Modelos para estimar a biomassa da parte aérea em um povoamento de *Eucalyptus grandis* na região de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.20, n.2, p.179-189, 1996.

_____; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p. 533-539, 2002.

TEIXEIRA, L. B.; BASTOS, J. B.; OLIVEIRA, R. F. **Biomassa vegetal em agroecossistemas de seringueira consorciada com cacaueiro no Nordeste Paraense**. Belém: Embrapa CPATU, 1994. 15p. (Boletim de Pesquisa, 153).

URBANO, E. ; MACHADO, S. A.; FILHO, A. F.; KOEHLER, H. S. Equações para estimar o peso de carbono fixado em árvores de *Mimosa scabrella* Benth (BRACATINGA) em povoamentos nativos. **Cerne**, vol. 14, num. 3, Julio- Setiembre, 2008. PP. 194-203. Universidade Federal de Lavras.

ZONTA, E.; BRASIL, F. C.; GOI, S. R. ; ROSA, M. M. T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 8-52.

WATZLAWICK, L. F.; KOEHLER, H. S.; KIRCHNER, VF. F. Estimativa de biomassa e carbono em plantios de *Pinus taeda* L. utilizando imagens do satélite IKONOS II. **Ciência e Natura**, UFSM, 28 (1): 45 – 60, 2006.

CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO DE MASSA SECA, ESTOQUE DE CARBONO E EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM FRUTOS DO CUPUAÇUZEIRO BELÉM-PARÁ

RESUMO

O conhecimento da quantidade de massa seca e de nutrientes exportados por plantas de cupuaçuzeiro têm assumido papel importante na descoberta de exigências nutricionais dos materiais genéticos utilizados pelos agricultores. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produção de massa seca e estoque de carbono, a exportação dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em frutos de cupuaçuzeiro nas progênes meios irmãos 186 e 215 aos sete anos de idade. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis repetições. Foram utilizadas seis coletas de frutos de plantas de cupuaçuzeiro, de cada progênie meio irmão (PMI), no campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Estado do Pará. A maior produção de massa seca dos frutos foi obtida na PMI 186 com 4.381,12 kg ha⁻¹. O maior estoque de carbono nos frutos foi obtido na casca de ambas as PMIs. Os maiores teores de macronutrientes N, K, P, e Ca foram encontrados na progênie 186. Os teores de Mg foram maiores na progênie 215. Os maiores teores de C foram encontrados na casca, seguido pela polpa e semente. Em relação à exportação de macronutrientes, o N apresentou maior quantidade, seguido pelo K, P, Ca e Mg. A PMI 186 apresentou maior estoque de carbono em relação à PMI 215, sendo 161,86 e 151,13, kg ha⁻¹ respectivamente

Palavra - chave: Nutrientes, biomassa, partes do fruto, *Theobroma grandiflorum*

ABSTRACT

Knowing the amount of dry matter and plant nutrients exported by cupuassu have assumed an important role in the discovery of the nutritional requirements of the genetic material used by farmers. The aim of this study was to evaluate the dry matter production and carbon stocks, export of macronutrients nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) in fruits of progenies cupuaçuzeiro 186 and 215 sib to seven years old. The experimental design was completely randomized with six replications. We used six samples of fruits of plants of cupuaçuzeiro, progeny of each half-brother (PMI), the experimental field of Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará State. The highest production of dry fruit was obtained from the PMI 4.381,12 with 186, kg ha⁻¹. The largest stock of carbon in the fruit peel was obtained in both PMIs. The highest levels of macronutrients N, K, P, and Ca were found in 186 progeny. The Mg were higher in 215 progeny. The highest levels of C were found in the skin, followed by pulp and seed. For the export of macronutrients, N presented the highest, followed by K, P, Ca and Mg. 186. The PMI showed higher carbon stock over 215 PMI, and 161,86 and 151,13 kg ha⁻¹ respectively.

Keywords: Nutrients, biomass, parts of the fruit, *Theobroma grandiflorum*

3.1 INTRODUÇÃO

A região Amazônica é considerada o maior repositório de recursos genéticos vegetais do mundo, entre os quais estão algumas espécies frutíferas que apresentam potencialidade econômica. Dentre essas, destaca-se o cupuaçuzeiro, que vem despertando interesse no mercado. A ocupação agropecuária, realizada de modo inadequado na Amazônia, vem ocasionando perdas na diversidade genética de espécies nativas dessa região. Nesse contexto, as fruteiras, de modo geral, devem merecer atenção no sentido de sua domesticação e melhoramento, com o intuito de otimizar o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis (OLIVEIRA e MOTA, 1991).

O cupuaçuzeiro é uma das fruteiras mais atrativas do Estado do Pará, pelas características de sabor e aroma de sua polpa, que é empregada na fabricação de sucos, sorvetes, licores, compotas, geléias, cremes, doces, entre outros. Nas últimas três décadas, com o aumento da demanda, a exploração do cupuaçuzeiro passou de extrativista para a forma cultivada e, em consequência, ocorreu à ampliação do cultivo para outras regiões brasileiras (SOUZA et al. 2002).

Estudos foram realizados no sentido de viabilizar programas de melhoramento com ênfase para a seleção de materiais com características de alta produção de frutos, rendimento de polpa e resistência à vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*), principal enfermidade da cultura. A Embrapa Amazônia Oriental recomenda o plantio de clones com boa produtividade e tolerância à vassoura-de-bruxa, tais como: Coari, Codajás, Manacapuru e Belém (ALVES e RESENDE, 2008).

A quantificação da biomassa arbórea e do carbono orgânico no cupuaçuzeiro torna-se importante em função de seu rápido crescimento, conseqüentemente ela fixa maior quantidade de carbono orgânico, em menor tempo.

Os principais aspectos agronômicos associados à sustentabilidade do cultivo do cupuaçuzeiro na Amazônia abrangem o controle eficiente da vassoura de bruxa e a "reposição dos nutrientes extraídos do solo". A elevada exportação de nutrientes durante a colheita de frutos, associada à baixa fertilidade dos solos e a insuficiente utilização de insumos, comprometem o crescimento e a sustentabilidade dos cultivos ao longo do tempo (CARVALHO et al. 1999).

O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados nas plantas, principalmente na parte colhida, é importante para se avaliar a remoção de nutrientes da área de cultivo e é um dos componentes necessários para as recomendações econômicas de adubação. Em média, as plantas possuem cerca de 5% de nutrientes minerais no material seco, porém, existem grandes diferenças entre as espécies e as quantidades totais exigidas por cada cultura. Por outro lado, a absorção de nutrientes é diferente de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, intensificando-se no florescimento, na formação e no crescimento dos frutos ou do órgão que será colhido.

Por isso, além da quantidade de nutrientes absorvida, deve ser considerada também a sua concentração nos diferentes estádios de desenvolvimento (HAAG et al. 1981; VITTI et al. 1994; MALAVOLTA et al. 1997).

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi determinar a massa seca, o estoque de carbono e a exportação de macronutrientes no fruto de cupuaçuzeiro, nas PMIs 186 e 215, com 7 anos de idade.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Características da área de estudo

O experimento foi conduzido em área de consórcio com açaizeiro e bananeira no período de 2002 a 2009 na Embrapa Amazônia Oriental, localizada na cidade de Belém, Estado do Pará. Limitadas pelas coordenadas 01°24'59" e 01°27'40" de latitude sul, e 48°20'55" e 48°26'59" de longitude oeste de Greenwich, a 200 metros de altitude acima do nível do mar. A temperatura média mensal em Belém é de 27,1°C, com umidade relativa do ar de 80 %.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Afi com temperatura média anual de 27,1°C, com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm anuais, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca, ou menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993). Os dados médios mensais referentes à temperatura, precipitação pluviométrica e brilho solar

durante a condução do experimento, foram coletados na Estação Meteorológica da Embrapa/Belém.

As progênies 186 (Codajás) e 215 (Belém), em função da alta produtividade de frutos e tolerância à vassoura-de-bruxa, (colhidos no sétimo ano de idade) garantem uma plantação com elevada produtividade. Entre os principais benefícios que trazem para o produtor estão: produtividade 40% superior em relação à média regional; redução de até 50% nos custos de produção e diminuição do uso de defensivos agrícolas, o que implica em um plantio mais saudável para o agricultor e para o meio ambiente (Cruz e Alves, 2002).

Visando coletar plantas homogêneas, foram considerados alguns critérios, como: plantas nutridas, sadias e bem desenvolvidas.

3.2.2 Coletas de dados no campo

Os dados foram coletados no campo, utilizando-se para tanto amostragem de seis árvores, de cada PMI. Após a seleção os frutos foram colhidos. A área de estudo possui 4.300 m², contendo plantas com idade de 7 anos, e altura variando de 1,5 a 5 metros, implantados em consórcio com, açaizeiro e bananeira. O espaçamento do cupuaçuzeiro é 5m x 5m.

Para a amostragem, os frutos foram retirados de cada PMI a qual representou como repetição experimental as árvores selecionadas. Cada fruto maduro de cupuaçuzeiro foi coletado separadamente, pesado e colocado sobre lona. Após a pesagem dos frutos inteiros, foram feitas amostragens de compartimentalização (casca, sementes e polpa) para obtenção da massa fresca (Figura 11). Foi retirada, uma amostra representativa de pesos conhecidos e colocados em saco de papel Kraft, identificada e levada para secar em estufa de ventilação forçada de ar, regulada para operar na temperatura de 70⁰ C, até atingir peso de massa constante. O período necessário para a secagem da casca e polpa foi de uma semana, sendo a semente seca após 3 semanas. Posteriormente, essas amostras foram pesadas em balança analítica e moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de malha 2 mm. As amostras moídas então foram acondicionadas em frascos plásticos previamente identificados e encaminhadas ao Laboratório de Ecofisiologia vegetal da Embrapa

Amazônia Oriental para a determinação dos teores de carbono total de acordo com metodologia de Bezerra Neto e Barreto (2004). A concentração dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) na casca, polpa e semente do cupuaçuzeiro foi determinada conforme recomendação da EMBRAPA (1999). Os resultados foram expressos em kg^{-1} de frutos. A exportação de nutrientes pelo fruto foi estimada por meio do produto da concentração de teores dos nutrientes no fruto (casca, polpa e semente) multiplicado pela massa seca de frutos,

A partição da biomassa foi calculada utilizando-se os valores de biomassa dos componentes dos frutos, (casca, semente e polpa) relacionadas com o valor total da biomassa dos frutos. Os frutos foram avaliados individualmente, de onde resultou uma média para cada componente. A biomassa total foi obtida por meio da soma das massas dos seus componentes (casca, semente e polpa).

3.2.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, arranjos em esquema fatorial de 3×2 , com seis repetições. Os fatores foram: 3 órgãos (casca, polpa e semente) e duas PMIs (215 e 186). As variáveis analisadas foram: produção de massa seca, teores e exportação de macronutrientes e estoque de carbono no fruto do cupuaçuzeiro.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e comparadas pelo teste de SNK. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2007).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Produção de massa seca do fruto de cupuaçuzeiro

A produção de massa seca do fruto do cupuaçuzeiro apresentou resultados altamente significativos para as progênie meio irmãos (PMIs) e componentes dos frutos isoladamente, assim como, para a interação PMI x componentes dos frutos. Os teores de carbono não apresentaram resultados significativos, para PMIs e para a interação PMI x componentes dos frutos, e significativos para componentes, diferentemente do estoque de carbono que apresentou resultados significativos para todas as fontes de variação estudadas. Os macronutrientes estudados apresentaram significância para todas as fontes de variação, a exceção do Mg que foi significativo para PMIs e partes do fruto, não apresentando significância, entretanto para a interação entre esses (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo das análises de variâncias dos efeitos dos componentes do fruto e PMI e interação PMI x componentes na produção de massa seca do fruto (kg ha^{-1}), teor de carbono (g kg^{-1}), estoque de carbono (kg ha^{-1}), e exportação de macronutrientes em cupuaçuzeiro em (g kg^{-1})

FV	GL	MS	TC	EC	N	P	K	Ca	Mg
PMI	1	**	NS	**	**	**	**	**	**
Componentes	2	**	**	**	**	**	**	**	**
PMI X Component.	2	**	NS	**	**	**	**	**	NS
CV (%)		0,17	5,93	5,99	6,14	7,76	5,25	11,1	11,95

GL grau de liberdade; MS massa seca; TC teores de carbono; EC estoque de carbono; N,P,K,Ca e Mg macronutrientes; componentes casca, polpa e semente; PMI progênie meio irmão, NS não significativo e CV coeficiente de variação.

A produção de massa seca entre as partes dos frutos do cupuaçuzeiro variou de acordo com as PMIs estudadas. A PMI 186 apresentou maior produção na casca e polpa, inferior na semente quando prevaleceu a 215. Comparando-se essa produção entre as partes do fruto verifica-se que a casca foi superior em ambas as PMIs. A produção de massa seca das sementes foi igual a da polpa apenas na PMI 215 (Figura 11). As PMIs apresentaram diferentes produções de massa seca dos frutos sendo que a PMI mais produtiva foi a 186 com $4.381,12 \text{ kg ha}^{-1}$ e na PMI 215 de $4.090,79 \text{ kg ha}^{-1}$ (Anexo 3).

Na partição dos frutos os percentuais foram: 54,32 % para casca, 25,61% polpa e 20,07 % para a semente (Anexo 3). Essas diferenças de produção de massa

seca não é apenas determinada por diferenças genéticas, mas também por fatores do ambiente e práticas de manejo. Esse acúmulo depende fundamentalmente da capacidade fotossintética de cada genótipo e sua interação com o ambiente.

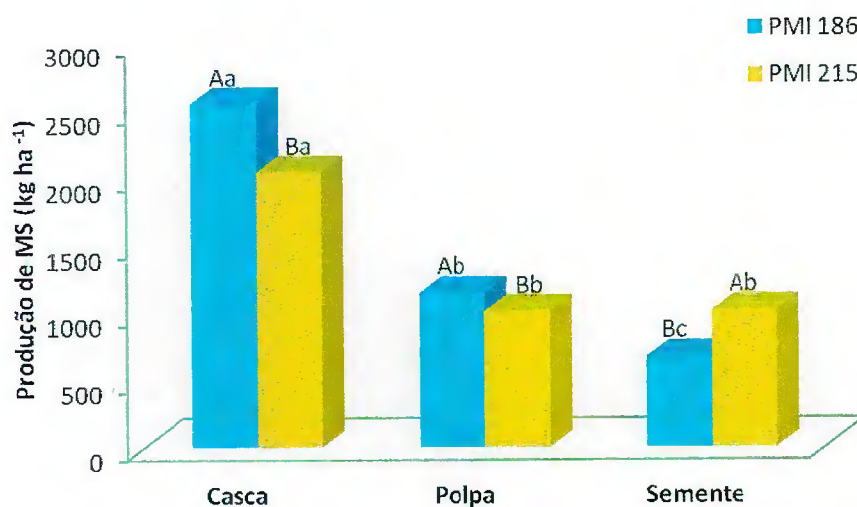


Figura 11 Produção de MS nos segmentos casca, polpa e semente no fruto do cupuaçuzeiro (Letras maiúsculas comparam o comportamento dos frutos entre as PMIs e minúsculas, dentro de cada PMI pelo teste SNK em nível de 5% de probabilidade)

Costa, (2006) trabalhando com exportação de macronutrientes de cupuaçuzeiro na Amazônia Central, em três tipos de solos, verificaram que, em relação ao fruto, a casca apresentou um percentual de 45,8% para Latossolo Amarelo, 41,5% na várzea e 45,4% em terra preta do índio. Para a polpa os percentuais foram 36,5% 37,3% e 35,1% e, para as sementes, 17,7% 21,2% e 19,6% respectivamente, para os mesmos tipos de solo. Estes dados se assemelham aos obtidos nesta pesquisa que em apenas um tipo de solo obteve 54,31 e 31,51 para casca e polpa, respectivamente.

3.3.2 Teores de carbono nos frutos de cupuaçuzeiro

Os teores de carbono determinado no fruto do cupuaçuzeiro apresentaram resultados significativos, com maiores valores na casca, polpa e semente (Figura 12).

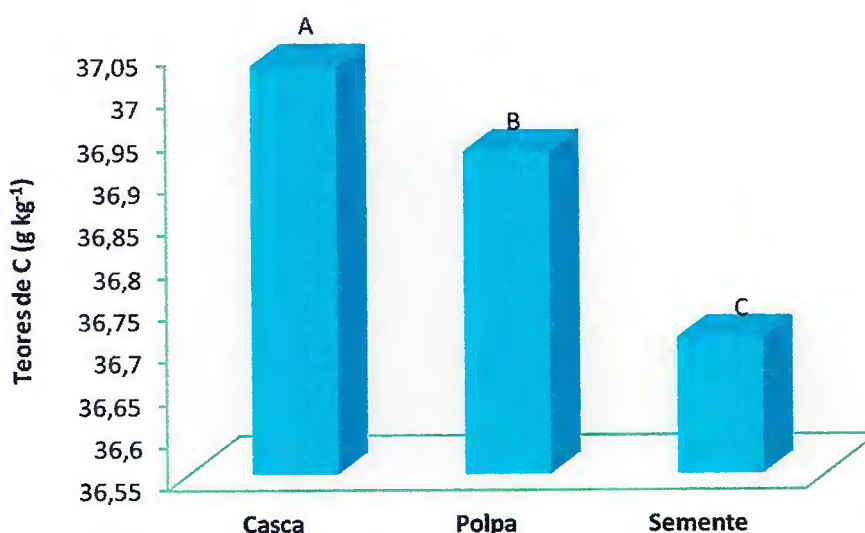


Figura 12 - Teores de carbono na casca, polpa e semente nos frutos do cupuaçuzeiro com sete anos de idade (As letras representam diferenças significativas nas partes do fruto de cupuaçuzeiro)

Os resultados obtidos condizem com os percentuais de massa seca nas partes do fruto, ou seja, 54,32% para casca, 25,61% polpa e 20,07% para a semente. Pode-se assim admitir, que os maiores valores de massa seca proporcionem maiores teores de carbono. Na literatura são raros os trabalhos com teores de carbono em frutos de cupuaçuzeiro, como também em outras espécies. Um dos poucos trabalhos relacionados a teores de carbono, é o de Aguiar et al. (2006) trabalhando com perdas de nutrientes por lixiviação em um Argissolo acinzentado cultivado com meloeiro, que obtiveram valores para teor de carbono nos frutos de 559,73 g kg⁻¹, os quais são bem superiores, se comparados aos desta pesquisa de 110,67 g kg⁻¹, o que se pode atribuir, teoricamente à maior produção de massa seca no fruto de melão.

3.3.3 Estoque de carbono e teores de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiro

O maior estoque de carbono encontrado nos frutos de cupuaçuzeiro para a PMI 186 foi verificado na casca e na polpa. A PMI 215 mostrou-se superior nas sementes. Analisando individualmente o estoque de carbono no fruto, observa-se que na PMI 186 houve maior concentração na casca, depois na polpa, enquanto na 215 de forma isolada a semente foi superior na concentração de carbono. Para a PMI 215 não foi observado efeito significativo entre polpa e semente (Figura 13).

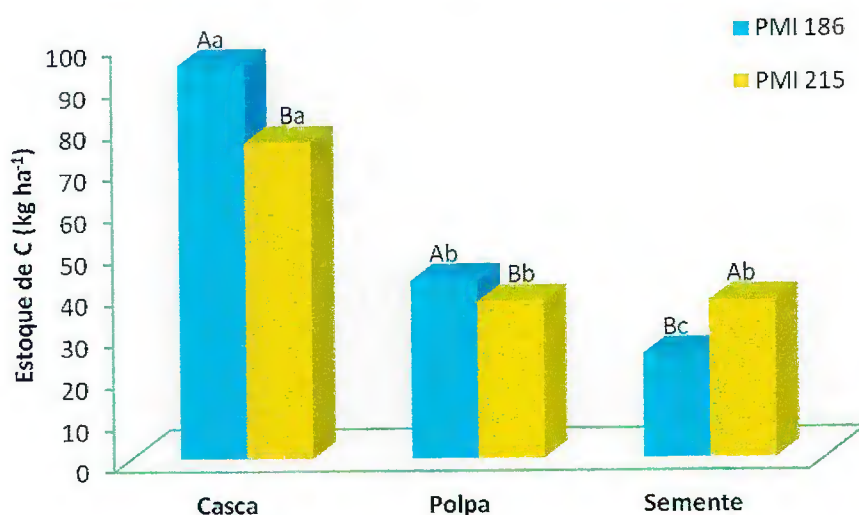


Figura 13 - Estoque de carbono nos segmentos casca, polpa e semente no fruto do cupuaçuzeiro com sete anos de idade. (Letras maiúsculas comparam o compartimento dos frutos entre as PMIs e minúsculas dentro de cada PMI pelo teste SNK em nível de 5% de probabilidade).

Na determinação do estoque de carbono, Sampaio et al. (2009), estudando as espécies (*Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rizophoramangle*) no manguezal do Sítio Sandi, Santos-SP, verificaram que os frutos contribuíram com percentual de carbono de 0,07%, que comparado com os frutos de cupuaçuzeiro, são bem mais elevado, ou seja, 3,69% o que mostra o bom potencial da cultura com relação ao estoque de carbono nos frutos.

Verificando a quantidade de estoque de carbono no fruto do cupuaçuzeiro e sua distribuição nos diferentes compartimentos (Figura 14), observa-se que 58,35% estavam estocados na casca, 26,30% na polpa e 15,35% nas sementes na progênie

186 (Figura 14a). Para a 215 este percentual foi de 50,27 para casca, 24,86 polpa e 24,87% para semente (Figura 14b).

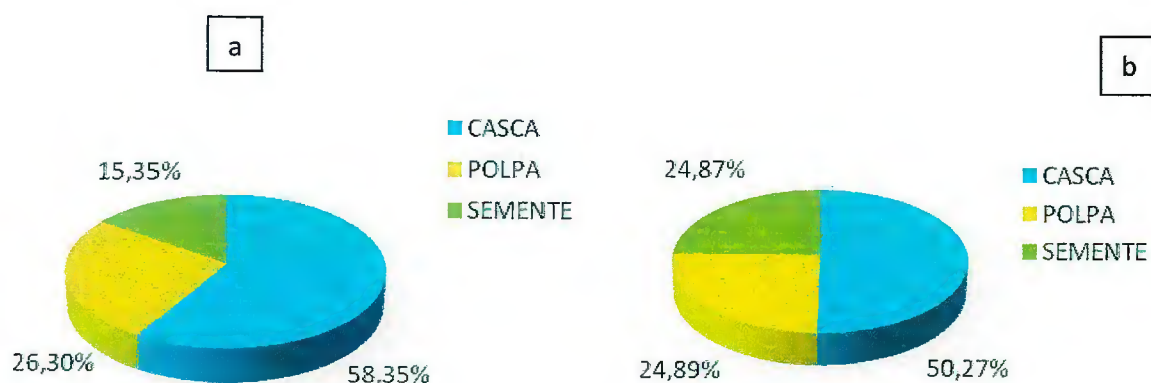


Figura 14 Partição do fruto do cupuaçuzeiro em casca, polpa e semente

Do ponto de vista econômico, como as porções aproveitáveis do fruto são polpa, sementes e a casca, verifica-se que a PMI 186 tem maior aptidão para a produção de frutos, enquanto a PMI 215 tem dupla aptidão, apresentando bom desempenho de produção de polpa e semente.

Os teores de macronutrientes em função da interação PMI x componentes do fruto de cupuaçuzeiro encontra-se na Figura 15. Os maiores teores de nitrogênio (Figura 15a), encontrados na casca dos frutos de cupuaçuzeiro foram verificados na PMI 215. No que diz respeito à polpa esses valores se invertem, ou seja, a PMI 186 apresentou superioridade. Na semente não ocorreu diferença significativa entre os teores de macronutrientes nas PMIs. Observando o comportamento das PMIs isoladamente, verifica-se maiores teores de N nas sementes para ambas as PMIs, que nos demais componentes do fruto.

Costa, (2006) trabalhando com exportação de nutrientes em fruto de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em Latossolo Amarelo da Amazônia Central obteve teores de nitrogênio para casca, polpa e semente valores de 7,6, 11,88 e 16,32 g kg⁻¹, respectivamente. Estes valores se assemelham aos determinados nesta pesquisa, 8,42; 15,85; 20,12 g kg⁻¹ de N para a PMI 186 e

16,03; 12,99; 19,20 g kg⁻¹ para a PMI 215 respectivamente para casca, polpa e semente (Anexo 6).

Natale et al. (2002), estudando a extração de macro e micronutrientes por frutos de goiabeira, cv. *Rica* e *Paluma* em áreas experimentais do Estado de São Paulo (Jaboticabal e São Carlos) obtiveram 9,80 e 8,6 g kg⁻¹ de N, respectivamente no terceiro ano de produção, que comparados com os teores determinados nesta pesquisa de 59,8 g kg⁻¹ são muito inferiores o que mostra serem os frutos de cupuaçuzeiro grandes exportadores de nutrientes.

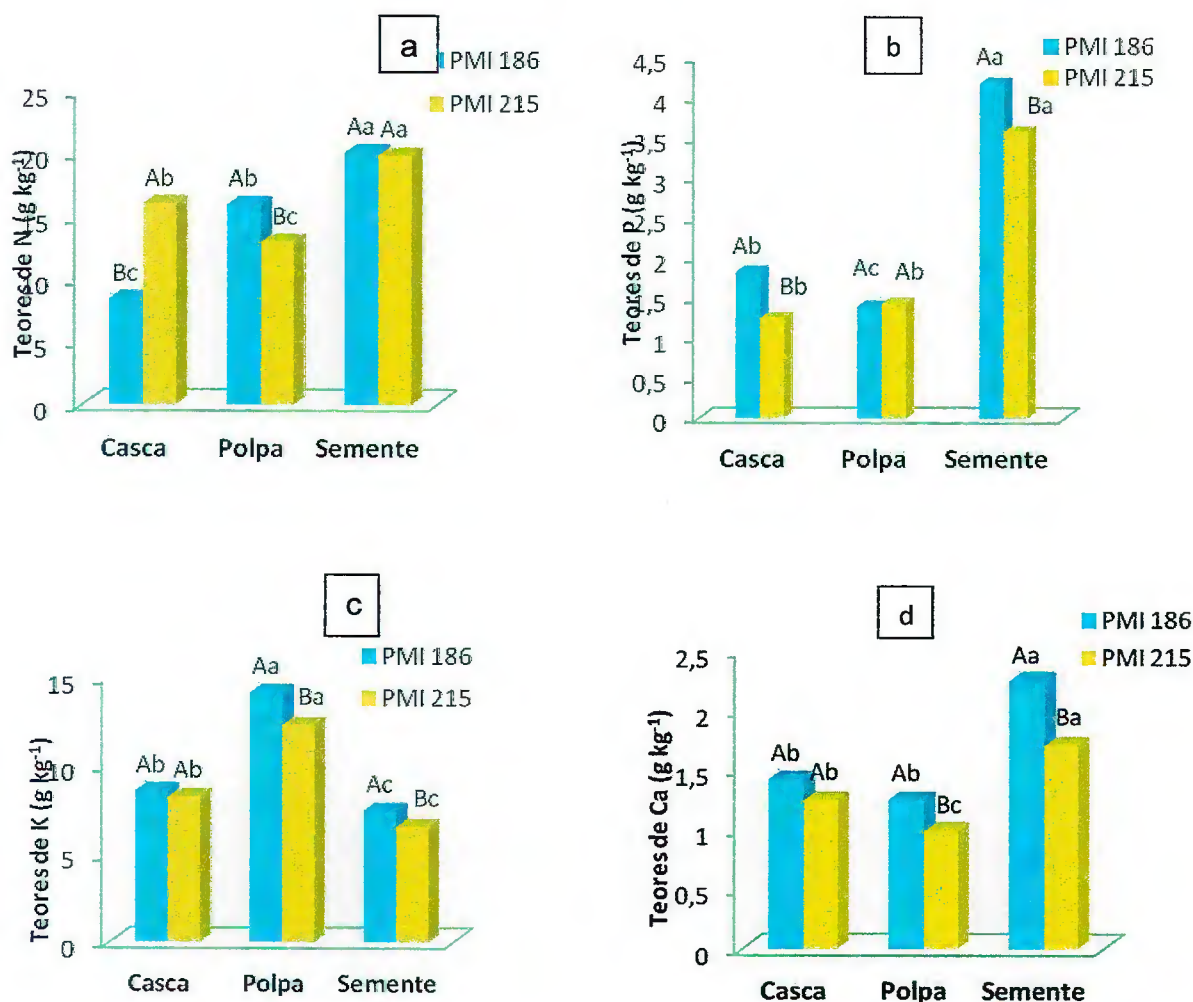


Figura 15 - Teores de nitrogênio (N); fósforo (P); potássio (K) e cálcio (Ca) no fruto de cupuaçuzeiro em função da interação das PMIs com os componentes do fruto (As letras maiúsculas comparam o comportamento do fruto entre as PMI e minúsculas dentro de cada PMI pelo teste SNK em nível de 5% de probabilidade).

Independentemente das PMIs os maiores teores de fósforo (Figura 15b) ocorreram nas sementes (Figura 15b). Os valores encontrados na casca e sementes foram mais elevados na PMI 186. Na polpa esses valores não apresentaram diferenças significativas entre as duas PMIs estudadas.

Costa, (2006) trabalhando exportação de nutrientes em fruto de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em Latossolo Amarelo da Amazônia Central obteve teores para, casca, polpa e semente de 0,52, 1,24 e 1,51 g kg⁻¹ de P, respectivamente, os quais são próximos aos determinados nesta pesquisa, de 1,54 g kg⁻¹ para casca 1,42 g kg⁻¹ para polpa e 3,79 g kg⁻¹ de P para semente, que reflete claramente que o fósforo é pouco exportado pelos frutos (Anexo 6). O fósforo tende a ser mais concentrado nas sementes e nas partes de crescimento dos vegetais (THOEI e THOMPSON, 2007).

Silva (2009) trabalhando com produção e partição de biomassa e nutrientes em cacaueiro obteve teores de 1,4 e 3,2 g kg⁻¹ de P para casca e semente respectivamente. Os valores se assemelham aos obtidos por Valle et al. (2000), que analisando as características físico-químicas da semente de cacau obtiveram teores de 3,7 g kg⁻¹ de P.

Os teores de potássio na casca dos frutos de cupuaçuzeiro foram iguais estatisticamente entre as PMIs (Figura 15c). Ocorreu maior significância desses teores na polpa para a PMI 186, o mesmo verificado para as sementes. Os teores médios encontrados para PMI 186 foram 8,56 g kg⁻¹ de K para a casca, 14,16 g kg⁻¹ de K, polpa e 7,45 g kg⁻¹ de K nas sementes. Para a PMI 215 os teores foram de 8,25 g kg⁻¹ de K para casca, 12,33 g kg⁻¹ de K para polpa e 6,54 g kg⁻¹ de K para semente (Anexo 6). Resultados são semelhantes aos determinados por Costa (2006) em trabalhos realizados com exportação nutrientes em frutos de cupuaçuzeiro obtendo para casca, 7,70 g kg⁻¹, polpa de 17,27 g kg⁻¹ e semente 8,72 g kg⁻¹ de K.

De acordo com Ayres e Alfaia, (2007) os teores de potássio são baixos nos solos da região amazônica. Quando ocorrem altas taxas de exportação deste nutriente pela colheita, seu fornecimento é fundamental para o sucesso nos cultivos. A sequência dos teores de potássio nas PMIs foi: polpa maior que casca maior que semente.

Os teores de Cálcio (Figura 15d) nos frutos de cupuaçuzeiro foram semelhantes apenas na casca entre as PMIs estudadas. Na polpa e nas sementes

os teores de cálcio foram maiores na PMI 186. Os valores encontrados para a casca foram $1,42 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca, polpa $1,25 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca e semente $2,25 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca para a PMI 186, e $1,25 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca para casca, $0,99 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca para polpa e $1,71 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca para sementes na PMI 215 (Anexo 6).

Os resultados equivalem aos encontrados por Costa, (2006) nessa mesma espécie em Latossolo Amarelo da Amazônia Central, onde obteve valores para teores de cálcio para casca, polpa e semente de 1,12, 1,06 e $2,50 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. A seqüência dos teores de Ca nas progênies 186 e 215 foram: semente > casca > polpa.

Os teores de magnésio promoveram efeitos significativos para as PMIs e componentes dos frutos, sendo que a PMI 215 foi superior a 186 em 13% (Figura 16a) e os valores obtidos foram $1,15$ e $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ nas PMIs 186 e 215, respectivamente (Anexo 6). Essa diferença pode estar relacionada às diferenças genotípicas das progênies e suas interações com o ambiente. Os teores de magnésio foram mais elevados nas sementes do fruto (Figura 16b).

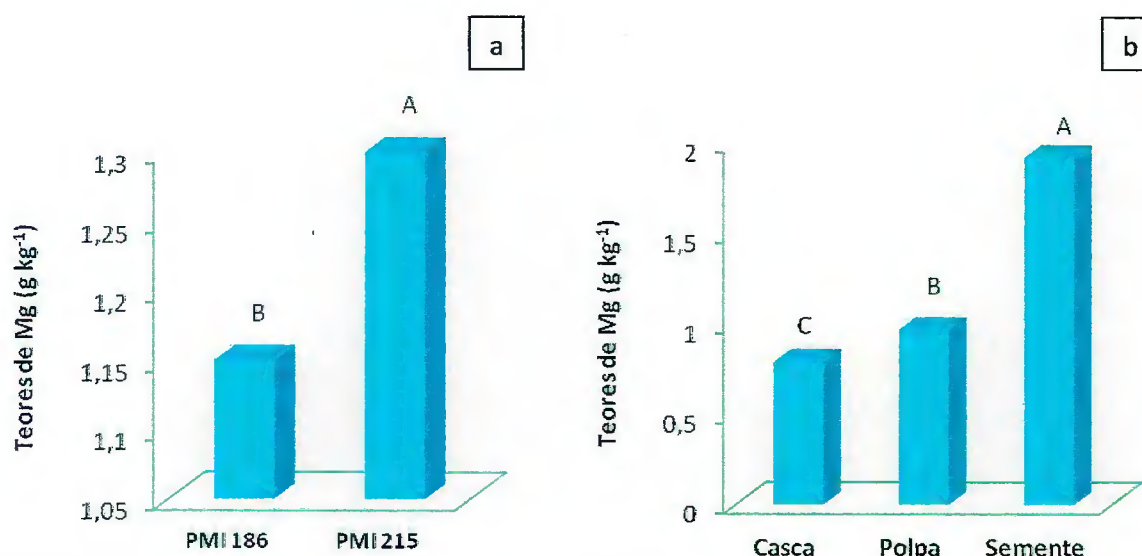


Figura 16- Teores de magnésio no fruto de cupuauzeiro em função da interação das PMIs com as partes dos frutos (Letras comparam o nível de significância entre as progênies e órgãos)

A exportação de magnésio pela castanha e pseudofruto de dois clones CCP 76 e CCP 09 de cajueiro anão-precoce, os teores de Mg foram de $1,00$ e $0,96 \text{ g kg}^{-1}$

de Mg, respectivamente, atribuindo o fato ao maior peso de suas castanhas e por essa razão teria constituído drenos e maior capacidade de demanda Fragoso et al. (1999). Essa afirmação seria uma forma de se justificar os teores de magnésio obtidos nesta pesquisa 1,15 e 1,30 g kg⁻¹ de Mg respectivamente para as PMIs 186 e 215, possibilitando atribuir ao peso dos frutos do cupuaçu. Os teores obtidos nesta pesquisa também se assemelham aos resultados de Medeiros (2005) em frutos de mangueiras no cultivo irrigado, onde os teores médios de magnésio foram 1,44g kg⁻¹ de Mg. Nesta pesquisa os teores no fruto do cupuaçuzeiro foi 1,22 g kg⁻¹ de Mg, portanto, muito próximos aos encontrados por Medeiros (2005).

3.3.4 Exportação de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiros

Comparando as exportações de Nitrogênio (N) entre as PMIs, observamos maiores exportações para a PMI 186 na polpa do fruto de cupuaçuzeiro (Figura 17a). As exportações determinadas na 215 foram maiores na casca e nas sementes. Comportamento das PMIs dentro de cada compartimento do fruto mostrou que as exportações de nitrogênio são maiores na casca para as duas PMIs estudadas. Essas maiores exportações podem estar relacionadas a fatores genéticos, havendo maior eficiência na absorção de nutrientes de uma PMI em relação a outra. Em trabalho realizado em diferentes cultivares de bananeira, Hoffmann (2010) obteve diferentes exportações de nitrogênio na massa seca, com a variedade prata anã obtendo 21,1 kg ha⁻¹ de N. A média de produção de massa seca entre as PMIs de cupuaçuzeiro foi 27,15 kg ha⁻¹ de N (Anexo 3).

Ao analisarmos o comportamento das PMIs em relação à exportação de fósforo (P) (Figura 17b), verifica-se que na casca prevaleceu a PMI 186, na polpa não ocorreram diferenças significativas entre as PMIs, na 215 essa exportação foi maior nas sementes. Analisando o comportamento das PMIs dentro dos componentes do fruto, encontramos a maior exportação de fósforo na casca, na PMI 186, na PMI 215 essas exportações foram maiores nas sementes. Silva e Silva (1986) estudando a composição mineral de frutos de cupuaçuzeiro constataram que as maiores exportações, de fósforo encontram-se nas sementes. Estes dados estão de acordo

com os encontrados para a PMI 215 que representou maiores exportações de fósforo nas sementes de cupuaçuzeiro. Hoffmann (2010) trabalhando com exportação de matéria seca e de nutrientes em cultivares de bananeira irrigada obteve maior exportação de fósforo no fruto da variedade prata anã com $4,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. Esta pesquisa obteve uma exportação de $9,12 \text{ kg ha}^{-1}$ de P encontrado na PMI 186, efetivando os frutos de cupuaçuzeiro como grande potencial de exportação de P (Anexo 3).

A exportação de potássio (K) entre as PMIs de cupuaçuzeiro foi igual apenas na polpa, na casca ocorreu maior exportação na PMI 186, enquanto na semente na PMI 215 foi superior. Com relação ao comportamento das PMIs em cada compartimento do fruto, verificamos que a PMI 186 exportou maior quantidade de potássio na casca. Para a PMI 215 essa maior exportação foi verificada nas sementes (Figura 17c). A exportação relativamente alta de potássio nos frutos do cupuaçuzeiro se justifica pelo fato de ser esse elemento exportado em grande quantidade pelos frutos daí seu depósito ser acentuado nessa parte da planta. Como afirmam Carvalho et al. (1999) e Wandell et al. (2002) o potássio é o nutriente mais exportado em maior quantidade pelos frutos.

O potássio é um dos elementos mais exportados nas colheitas, principalmente através das cascas. Cravo e Souza (1996), em exportação de nutrientes em fruto de cupuaçuzeiro relatam que a exportação de potássio neste fruto gira em torno de 4.960 g t^{-1} de K, enquanto Silva e Silva (1986), em pesquisa com teores de nutrientes em cupuaçu encontraram 5.590 g t^{-1} de K. Mais recentemente, Santos (2003) mostrou o efeito favorável da utilização do resíduo da casca de cupuaçu como fonte de potássio para as plantas de cupuaçuzeiro em consórcios agroflorestais. Os resultados mostrados confirmam a importância desse nutriente na cultura do cupuaçuzeiro, em conformidade ao que foi observado por Silva e Silva (1986), Venturieri (1993) e Cravo e Sousa (1996). Nesta pesquisa foram encontrados 6.615 g t^{-1} estando próximo aos resultados obtidos pelos autores acima citados.

A exportação de Cálcio (Ca) observada entre as PMIs foi semelhante apenas nas sementes dos frutos de cupuaçuzeiro. Na casca e na polpa as maiores exportações foram verificadas na PMI 186. Entre as partes dos frutos a exportação de cálcio foi maior na casca para as duas PMIs estudadas (Figura 17d).

O cálcio foi o quarto nutriente mais exportado pelo fruto, com máximo de 3,63 kg ha⁻¹ na casca e o mínimo de 1,01 kg ha⁻¹ de Ca na polpa respectivamente para as PMIs 186 e 215. Este padrão de distribuição do cálcio em favor dos frutos resulta do mesmo ser transportado quase que exclusivamente pelo xilema e praticamente não redistribuído e outro fator que favorece essa situação é a competição entre potássio e cálcio que se faz, também, dentro da planta (MALAVOLTA et al. 1997).

Wandelii et al. (2002) avaliando a exportação de nutrientes em cupuaçuzeiro em sistema de consórcio com outras culturas constataram que o cálcio exportou 0,9 kg ha ano⁻¹, resultado inferior ao obtido nesta pesquisa durante o quarto ano de produção com 6,6 e 5,32 kg ha⁻¹, para as PMIs 186 e 215, respectivamente.

A maior exportação de magnésio (Mg) ocorreu na PMI 186 na casca e na polpa dos frutos de cupuaçuzeiro. Nas sementes a maior exportação foi verificada na 215. Observando o comportamento das PMIs dentro de cada componente do fruto, a PMI 186 exportou maior quantidade de magnésio na casca, a exportação na PMI 215 foi igual estatisticamente na casca e semente (Figura 17e). A maior exportação de Mg foi verificada na PMI 186 com 4,67 kg ha⁻¹, quando comparado com a 215 que foi de 4,35 kg ha⁻¹ de Mg. (Anexo 3).

As quantidades de magnésio exportadas pelo cupuaçuzeiro foram superiores às obtidas por Andrade (2004), que trabalhando com gravioleira cita quantidades de 0,14 kg de Mg por tonelada de fruto colhido, enquanto nesta pesquisa com cupuaçuzeiro foi de 0,75 kg de Mg por tonelada de fruto colhido.

Cardoso, et al. (2010) trabalhando com exportação de nutrientes por frutos de goiabeira 'paluma' em função da adubação mineral, observaram que o magnésio exportou 2,36 kg ha⁻¹ de Mg, inferior aos dados obtidos nesta pesquisa com a exportação de 4,67 kg ha⁻¹ na PMI 186 e 4,35 kg ha⁻¹ na PMI 215.

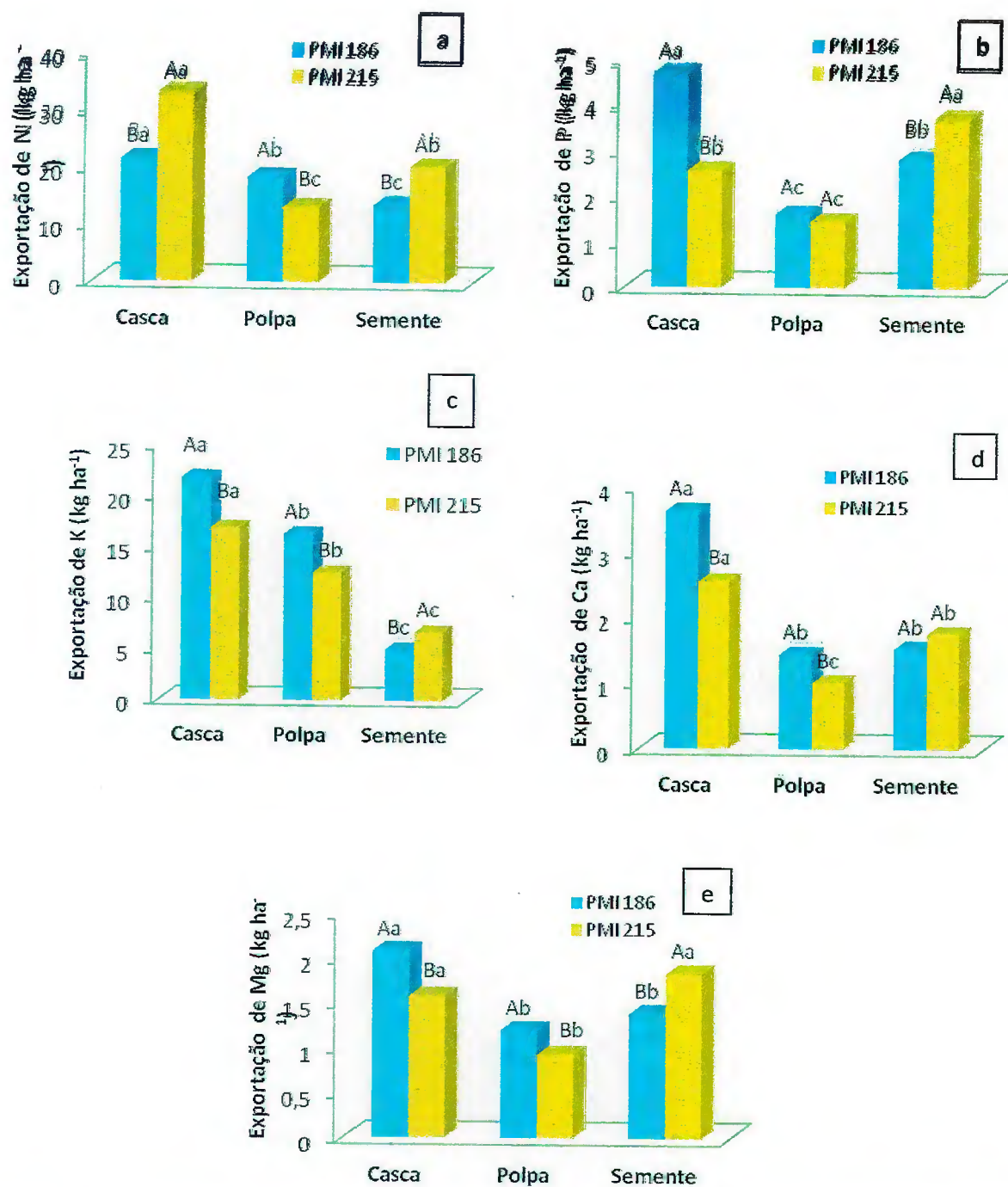


Figura 17- Exportação de nitrogênio (N); fósforo (P); potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no fruto de cupuaçuzeiro com sete anos de idade em função da interação das PMIs com os componentes do fruto. (As letras maiúsculas comparam o comportamento dos componentes dos frutos entre as PMIs e minúsculas dentro de cada PMI pelo teste SNK em nível de 5% de probabilidade).

3.3.5 Exportação total de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiro

Segundo Andrade (2004), a determinação das quantidades dos nutrientes exportados pelos frutos é importante para o cálculo de reposição com adubos, de modo a garantir o aumento ou manutenção da produtividade com frutos de qualidade. Por isso, essas informações ajudam a compor o cenário para se planejar um manejo da cultura de forma a manter equilibrada a fertilidade do solo e garantir a produtividade e a rentabilidade.

Com relação à distribuição dos macronutrientes no fruto do cupuaçuzeiro, observa-se que, o nitrogênio estava em quantidade estatisticamente superior na progênie 215 em relação à progênie 186. Houve diferenças significativas entre os nutrientes N, P, K, e Ca, não sendo observado para o Mg. Este nutriente estava em menor concentração nos frutos do cupuaçuzeiro (Figura 18).

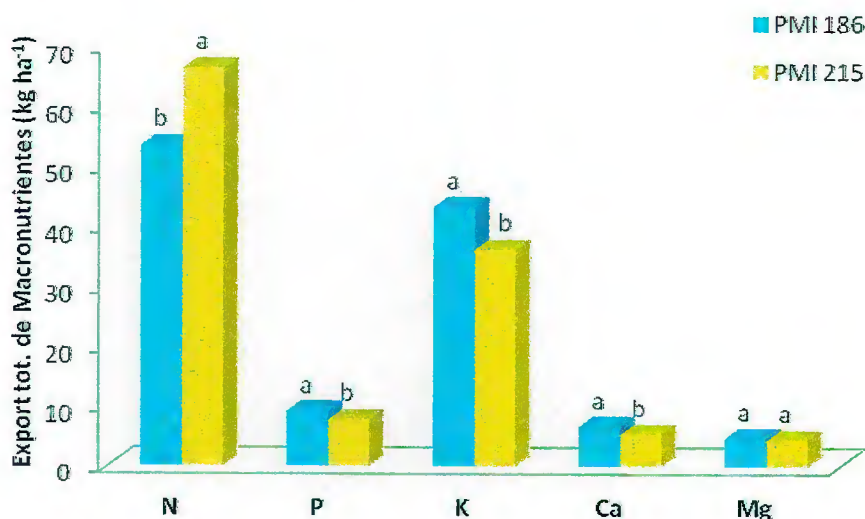


Figura 18 Exportação total de macronutrientes nos frutos do cupuaçuzeiro aos sete anos de idade (letras comparam os níveis de significância entre as progênies).

As exportações totais de macronutrientes nos cupuaçuzeiros apresentaram a seguinte ordem decrescente: N > K > P > Ca > Mg. Estes resultados diferem dos obtidos por Figueiredo et al. (2000) e Sousa (2000) nos quais o cupuaçuzeiro apresentou exportação de macronutrientes na ordem decrescente K > Ca > Mg > P.

Estudos de exportação de nutrientes nos frutos realizados por Cravo e Souza (1996) mostraram que o K é o elemento mais exigido pela cultura do cupuaçuzeiro,

seguido de Mg, P e Ca, diferindo portanto, desta pesquisa em relação aos frutos, Pois o N, K e P foram os que apresentaram maiores concentrações nos frutos do cupuaçuzeiro. Nitrogênio e potássio foram extraídos em quantidades consideravelmente maiores que os demais macronutrientes, fato também constatado em cajueiro comum com Richards, (1992) e em outras frutíferas Bataglia et al. (1977). O cálcio por sua vez, foi exportado em quantidades muito pequenas.

Costa, (2006) trabalhando com exportação de nutrientes em fruto de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em Latossolo Amarelo da Amazônia Central obteve a seguinte ordem decrescente: N>K>Mg>Ca>P com 4,68; 4,17; 0,70; 0,67 e 0,38 g fruto⁻¹, respectivamente. As exportações nesta pesquisa em ambas as progêneses, o fruto do cupuaçuzeiro, foi obtido para N 14,9; P 2,1; K 9,92; Ca 1,49 e Mg 1,13 g fruto⁻¹.

A produtividade do cupuaçuzeiro pode ser aumentada significativamente com a aplicação de fertilizantes e calagem, pois a grande maioria dos solos da Amazônia, onde a cultura tem sido estabelecida, possuem propriedades físicas bastantes favoráveis ao cultivo, porém são ácidos e de baixa fertilidade natural (Alfaia e Ayres, 2004).

A nutrição adequada do cupuaçuzeiro é fundamental para manter crescimento vigoroso e produtividade elevada, uma vez que colheitas sucessivas, sem a reposição dos nutrientes, poderão esgotar o solo e prejudicar a produção da cultura (Tabela 6)

A Tabela 6 apresenta comparações entre as quantidades exportadas de macronutrientes pelos frutos de cupuaçuzeiro nas PMIs 186 e 215 aos sete anos de idade e recomendação de adubação para o cupuaçuzeiro, segundo Viegas et al. (2010)

Tabela 6 Quantidades exportadas de macronutrientes nos frutos de cupuaçuzeiro nas progêneses 186 e 215 aos sete anos de idade e necessidade de fertilizantes em kg ha⁻¹

EXPORTAÇÃO	PMI 186	UREIA	SFT	KCL	CaO	MgO	PMI 215	UREIA	SFT	KCL	CaO	MgO
N	53,4	118,8					66,3	147,5				
P	9,1		48,6				7,7		41			
K	43,2			87,1			26,2			73		
Ca	6,6				7,5		5,3				6,1	
Mg	4,7					7,7	4,3					7,2

Fonte: Dados da pesquisa

Viegas et al, (2010) em trabalho com adubação e calagem para o Estado do Pará, obtiveram dosagens de recomendação de nutrientes na produção de fruto de cupuaçuzeiro de 107 kg ha⁻¹ de uréia, 127 kg ha⁻¹ de SFT e 120 kg ha⁻¹ de KCL, nesta pesquisa aos sete anos de idade obteve em média 133 g ha⁻¹ de uréia, 45 kg ha⁻¹ de SFT e 80 g ha⁻¹ de KCL. Ayres e Alfaia, (2007) trabalhando com calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental, com aplicação de 133 kg ha⁻¹ de KCL teve um incremento de 18% na produção de frutos. Estes resultados confirmam a importância da adubação potássica para plantas de cupuaçuzeiro, conforme tem sido relatado em outros trabalhos de Alfaia e Ayres, (2004).

Morais e Pereira (1986), nos solos da Amazônia para o cupuaçuzeiro encontraram a melhor dosagem em torno de 120 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo (SFT), afirmando ser o fósforo o principal nutriente que pode limitar a produção, de frutos de cupuaçuzeiro.

3.4 CONCLUSÕES

- ✓ Os frutos de cupuaçuzeiro extraem quantidades significativas de nutrientes do solo; se não forem repostos pela adubação, poderá ocorrer empobrecimento do solo ao longo dos anos de cultivo e comprometimento na produção
- ✓ A maior quantidade de estoque de carbono encontra-se na casca dos frutos, o que credencia o plantio de cupuaçuzeiro como atividade promissora no estoque de carbono.
- ✓ Na progênie 186 o fósforo, potássio, cálcio e o magnésio estão distribuídos nos frutos de cupuaçuzeiro em maiores quantidades na casca, enquanto o nitrogênio na polpa, na progênie 215 fósforo, potássio, cálcio, magnésio, estão distribuídos em maiores quantidades nas sementes, enquanto o nitrogênio na casca dos frutos.
- ✓ Do ponto de vista econômico, verifica-se que a PMI 186 tem maior aptidão para a produção de frutos, enquanto a PMI 215 tem dupla aptidão, apresentando bom desempenho de produção de polpa e semente.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I.; LOURENÇO, I. P.; OLIVEIRA, T. S.; LACERDAS, N. B. Perda de nutrientes por lixiviação em um argissolo acinzentado cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.10, n.4, p.811–819, 2006. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG.
- ALFAIA, S.S.; AYRES, M. I. C. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em duas cultivares de cupuaçu, com e sem semente, na região da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.320- 325, 2004.
- ALVES, R. M.; RESENDE M. D. V. Avaliação genética de indivíduos e progênies de cupuaçuzeiro no estado do Pará e estimativas de parâmetros genéticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 696-701, 2008.
- ANDRADE, L. R. M. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, R. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.317 – 366.
- AYRES, M. I. C.; ALFAIA, S.S. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.957-963, 2007.
- BATAGLIA, O.C.; RODRIGUEZ, O.; HIROCE, R.; GALLO, J.R.; FURLANI, P.R. & FURLANI, A.M.C. **Composição mineral de frutos cítricos na colheita**. Bragantia, 36:215-221, 1977
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de avaliação química em plantas**. Recife: UFRPE, 2004. 149p.
- CARDOSO, E. A. P; COSTA, J. P. T. A.; SOARES, I.; SILVA, R. M.; AGUIAR, A. V. M. Exportação de nutrientes por fruto de goiabeira “paluma” em função da adubação mineral. **Agropecuária Científica no semi-árido**, v. 6, n. 3, p. 38-41, 2010.
- CARVALHO, J. E. U.; MULLER, C. H.; BENCHIMOL, R. L.; KATE, A. K.; ALVES, R. M. **Copoasu** (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Shum): Cultivo y Utilizacion. Caracas: FAO, 1999. 152p. (Manual Técnico).

COSTA, E. L. **Exportação de nutrientes em fruto de cupuaçu (*theobroma grandiflorum* (willd. ex spreng.) schum.) em três solos da Amazônia Central.** 2006. (Dissertação de Mestrado) – Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2006

CRAVO, M. S.; SOUZA, A. G. C. Exportação de nutrientes por fruto de cupuaçuzeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., Manaus, 1996. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p. 632- 633.

CRUZ, E. D.; ALVES, R. M. **Clones de cupuaçuzeiro tolerantes à vassoura-de-bruxa.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 4p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de plantas e fertilizantes.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999b. 370p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Versão 5.0.** Departamento de Ciências Exatas. UFLA, Lavras, MG, 2007.

FIGUEIREDO, N. N.; MACÊDO, J. L. V.; CRAVO, M. S. Avaliação do estado nutricional do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.) Schum) em um Sistema Agroflorestal na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., Manaus, 2000. **Resumos...** Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.48-50.

FRAGOSO, H. A.; BEZERRA, F. C.; MELO, F. I. O.; HERNADEZ, F. F. F., f. f. f. Exportação de macronutrientes pela castanha e pseudofruto de dois clones de cajueiro anão-precoce. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 23:603-608, 1999.

HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; Barbosa, V.; SILVA NETO, J. M. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) destinado ao processamento industrial. In: Haag, H. P.; Minami, K. **Nutrição mineral de hortaliças.** Campinas: Fundação Cargill, 1981. p.447-474.

HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. P.; ARRUDA J. A. Acúmulo de matéria seca, absorção e exportação de micronutrientes em variedades de bananeira sob irrigação. **Ciência agrotecnica**. vol. 34 no. 3. Lavras May/June 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; Oliveira, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MEDEIROS, A. A. **Composição mineral de folhas de mangueira e exportação de nutrientes pelos frutos de mangueira em cultivo irrigado no Rio Grande do Norte**- Natal, EMPARN, 2005.

MORAIS, F.I.O.; PEREIRA, G.C. Resposta do cacaueteiro à aplicação de fertilizantes e corretivos nas condições da Amazônia. I. Crescimento e produção inicial. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v.16, n.2, p.65-73, 1986.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; SILVA, M. A. C.; PEREIRA, L. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.770-773, 2002.

NECHET, D. Variabilidade Diurna de Precipitação em Santarém-PA, **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, n.45-46, p. 144-149. 1993.

OLIVEIRA, M. do S. P.; MOTA, M. G. da C. Coleta de germoplasma de populações locais de pataúá (*Jessenia bataua*) Burret, e espécies afins. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1991. p.183-184.

OSAGUI, H.; FALESI, I. C. 1992. Projeto de investimento e desenvolvimento da agroindústria na Amazônia. Belém: SUDAM, 224p.

RICHARDS, N. K. Cashew tree nutrition related to biomass accumulation, nutrient composition and nutrient cycling in sandy red earths of northern territory, Australia. **Sci.Hortic.**, 52:125-142, 1992.

SAMPAIO, P. S. P.; RIBAS, E. S.; ALMEIDA, G. J.; PEDRO, G. A. Estimativa da biomassa e carbono existência: o caso do manguezal na área do sítio sândi. **Revista Ceciliana** 1(2): 39-43, 2009. Santos. SP.

SANTOS, A.M.G. **Aproveitamento de resíduos das culturas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e pupunha (*Bactris gasipae*) como adubo orgânico em sistemas agroflorestais na Amazônia**. 2003. 49f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroflorestais) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2003.

Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potássio e do Fosfato. p. 261-280.

WANDELLI, E. V.; FERREIRA, F.; SOUSA, G. F.; SOUSA, S. G. A.; FERNANDES, E. K. M. Exportação de nutrientes de sistemas agroflorestais através das colheitas: o valor dos resíduos dos frutos amazônicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTIAS, 6., 2002, Ilhéus. **Resumos...** Ilhéus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2002. 368 p.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE ECONÔMICA DE CUPUAÇUZEIRO PARA GERAÇÃO DE CERTIFICADOS DE EMISSÕES REDUZIDAS - BELÉM, PARÁ

RESUMO

Diante da possibilidade de atividades de florestamento e reflorestamento serem aceitas como projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL, objetivou-se com este trabalho quantificar a biomassa vegetal e analisar o potencial de geração de Certificados de Emissões Reduzidas - CERs em um plantio de cupuaçuzeiro. A análise econômica de projetos florestais é uma ferramenta básica para determinar se o investimento sob análise deve ou não ser implementado. O experimento foi realizado no campo experimental da Embrapa, Amazônia Oriental, Belém, Pará. A quantificação da biomassa arbórea foi feita através do método direto e destrutivo de 5 plantas de cupuaçuzeiro por ano em cada progênie meio irmão (PMI), em uma área de 4.300 m², totalizando 70 plantas. Foi realizada análise de sensibilidade nos resultados obtidos, variando os níveis das principais variáveis econômicas: preço do cupuaçu, o preço dos CERs, taxa de juros e custo de mão-de-obra. Para tanto foi levantado todos os custos e receitas envolvidos na atividade e, para a análise econômica usou-se o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) e VAE (Valor Anual Equivalente). A contabilização dos CERs e a análise econômica foram realizadas para uma simulação do plantio do cupuaçuzeiro com horizonte de planejamento de 25 anos. O projeto se mostrou economicamente viável para qualquer simulação. O estoque de CO₂ no plantio de cupuaçuzeiro aos 25 anos foi de 62,02 t CO₂ ha⁻¹. O custo referente à mão-de-obra foi de 83,89%, e insumos de 16,11%. Em função dos resultados apresentados, conclui-se que o cupuaçuzeiro é uma cultura capaz de estocar carbono em sua biomassa por um longo período de tempo.

Palavras-chave: *Theobroma grandiflorum*, biomassa, créditos de carbono,

ABSTRACT

Facing the possibility of afforestation and reforestation projects to be accepted as the Clean Development Mechanism - CDM, the aim of this work was to quantify the biomass plant and analyze the potential to generate Certified Emission Reductions - CERs in a planting cupuaçuzeiro. Economic analysis of forestry projects is a basic tool for determining whether the investment under review should be implemented or not. The experiment was conducted at the experimental farm of Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. The tree biomass quantification was performed using the direct method and destructive cupuaçuzeiro 5 plants per year in each progeny myo brother (PMI) in an area 4300 m², totaling 70 plants. We performed sensitivity analysis on the results obtained by varying the levels of key economic variables: price of cupuaçu, the price of RECs, interest rate and cost of manpower. For that was raised all costs and revenues involved in the activity, and for the economic analysis used to the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) and LAV (Equivalent Annual Value). Accounting for RECs and economic analysis were performed for a simulation of planting cupuaçuzeiro with a planning horizon of 25 years. The project proved to be economically viable for any simulation. The stock of CO₂ in planting cupuaçuzeiro to 25 years was 62,2 t ha⁻¹ CO₂. The cost will refer to manpower was 83,89% and 16,11% of inputs. Depending on the results presented, we conclude that the cupuaçuzeiro is a culture capable of storing carbon in their biomass for a long period of time.

Keywords: *Theobroma grandiflorum*, biomass, carbon credits

4.1 INTRODUÇÃO

Desde as primeiras convenções sobre mudanças climáticas, a absorção de carbono pelas florestas, conhecida também como "seqüestro" de carbono – tem evoluído de uma idéia teórica até um mecanismo mercadológico que permite alcançar metas ambientais globais definidas pelo Protocolo de Kyoto (COSTA et al. 2003). Para Rocha (2003), os mecanismos de flexibilização estabelecidos pelo Protocolo deixaram claro que o mercado poderá auxiliar no processo de redução das emissões através da criação de um valor transacionável para as reduções de GEE (gases do efeito estufa). Essas transações são realizadas através dos CERs (certificados de emissões reduzidas), e fazem parte de um novo mercado: o chamado mercado de créditos de carbono.

A avaliação econômica de uma alternativa de investimento consiste na determinação (identificação e quantificação) de todas as suas vantagens e desvantagens, na comparação e na posterior escolha da melhor alternativa, mediante a aplicação dos métodos e critérios de decisão, os quais permitem representar cada alternativa por um número que indica a solução mais econômica (HESS et al. 1985).

Com a valorização econômica, a fiscalização e todos os demais custos operacionais para a redução da poluição acabam sendo arcados pelo mercado de "commodities" ¹ não repassando o impacto financeiro para a relação custo/benefício ou para o custo final do produto. Esta é a maneira mais econômica e eficaz para a fiscalização e a diminuição da poluição (ROCHA, 2003).

Dentro deste contexto econômico, o Estado do Pará se encontra em uma posição extremamente valorizada, já que possui um amplo espaço ambiental. Desta forma, as empresas e os países altamente industrializados, obrigadas a frearem o aquecimento do planeta, reduzindo a emissão de gases, poderão participar de projetos de reflorestamento e adoção de tecnologias limpas.

¹ A expressão "commodity" atribuída a um produto traduz exigências tais como: disponibilidade para comercialização – caráter negociável, submissão à tributação, necessidade de sistemas de transporte e logística adequados e possibilidade de enfrentar embargos e barreiras tarifárias. (MATIAS; FREITAS, 2011).

O Pará tem no meio ambiente a sua maior riqueza. A preservação ambiental pode ser a origem da entrada de divisas no Estado. O Pará receberia pela sua baixa emissão de gases, pela enorme capacidade ambiental de absorção e regeneração atmosférica. Como a maior parte das emissões de CO₂ do Pará provém de desmatamentos e queimadas, a maior contribuição do Estado para a redução de emissões seria através da mitigação e do controle do desmatamento e queimadas.

No Pará, existem áreas de grandes extensões que se encontram desprovidas de vegetações, porem com alto potencial para o plantio e conservação de florestas, que poderiam ser utilizadas para projetos de seqüestro de carbono. Ainda que esta área esteja situada no entorno de empreendimentos que realizem emissões de carbono, grande parte dessa emissão seria absorvida pela floresta, incorporando o carbono, agora atmosférico, na biomassa vegetal, o que define um projeto de seqüestro de carbono.

A cultura do cupuaçuzeiro que utiliza sistemas de produção em bases ecológicas, com sistemas conservacionistas, a exemplo de plantio em sistemas de consórcios, com adequado sistema de sucessão de culturas de cobertura durante o ano todo, pode contribuir significativamente, com maior estoque de carbono da atmosfera e o efeito estufa, estabelecendo assim, um equilíbrio dinâmico entre a emissão de gases como o gás carbônico e a sua conversão em biomassa.

Ainda que, por ventura de conclusões precipitadas, os projetos de seqüestro de carbono se apresentem como uma atividade promissora, do ponto de vista financeiro, é necessário ressaltar que durante o período de tempo gasto para que uma floresta seja considerada madura, toneladas de carbono foram extraídos do ar atmosférico e fixados na biomassa, o que traz significativas mudanças ao clima e a qualidade do ar, diminuindo assim o avanço do silencioso efeito estufa (FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2002).

Um projeto se traduz no investimento de recursos durante algum tempo, na expectativa de obtenção de produtos nos períodos subseqüentes. Desta forma, quase sempre faz sentido analisar uma ou mais seqüência de investimentos, dentro de um período de tempo ou horizonte de planejamento determinado ou preestabelecido (RESENDE; OLIVEIRA, 2001).

Os projetos agroflorestais são atividades capazes de seqüestrar e armazenar carbono, podendo emitir CERs para serem negociados no mercado de créditos de

carbono. Este sistema tem capacidade de capturar aproximadamente 400 Mt C por ano (WISE; CACHO, 2005).

Baral e Guha (2004) comentam que as emissões do carbono do desmatamento são ainda ao redor de 2 bilhões de toneladas por ano. Práticas de conservação e manejo, junto com orientação técnica de reflorestamento podem captar o carbono fornecido pelo ecossistema terrestre.

Assim sendo o objetivo desta pesquisa foi analisar a viabilidade econômica da fixação de carbono em um cultivo de cupuaçuzeiro e a possibilidade de geração de Certificados de Emissões Reduzidas (CER's) no município de Belém, Estado do Pará.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado utilizando dados de estoque de carbono obtido no experimento de cupuaçuzeiro em área da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Estado do Pará, situado entre as coordenadas 01°24'59" e 01°27'40" de Latitude sul, e 48°20'55" e 48°26'59" de Longitude oeste de Greenwich. A temperatura média mensal em Belém é de 27,1°C, com umidade relativa do ar de 80%.

4.2.2 Quantificação da biomassa, estimativa de carbono e contabilização dos CERs

A "Quantificação de Biomassa e Geração de Créditos de Carbono" foi realizada em uma área de 4.300 m², onde havia implantado a cultura do cupuaçuzeiro no espaçamento de 5 x 5m com duas progênies meios irmãos (PMIs) 186 e 215.

Para os dados de biomassa coletados no campo, utilizou-se amostragem de cinco árvores, de cada PMI em cada uma das idades, utilizando-se o método direto

em forma de disco de aproximadamente 2,5 cm de espessura, do terço inferior, médio e superior, baseando-se em estudo de Oliveira Neto et al. (2003).

No conjunto dos ramos foram retirados fragmentos de todos os ramos localizados em diferentes posições da copa da árvore, os quais foram misturados, formando uma amostra composta. Dessa amostra, foi retirada uma subamostra de 500 g, a qual foi devidamente pesada e etiquetada.

A biomassa seca total do cupuaçuzeiro foi determinada por meio da soma da biomassa seca dos compartimentos das árvores e em cada ano do experimento. Em seguida, esse valor foi extrapolado para 1 ha, considerando-se uma densidade de 400 plantas de cupuaçuzeiro no espaçamento de 5 x 5m.

Após as amostras dos componentes das plantas serem previamente secas e trituradas, foi feito a estimativa do carbono onde foram determinados os teores de carbono total, no Laboratório de Ecofisiologia da Embrapa Amazônia Oriental, utilizando a metodologia de Bezerra Neto e Barreto (2004).

O estoque de carbono foi extrapolado para toneladas por hectare. Pelo fato das negociações no mercado de créditos de carbono serem efetuadas em função do CO₂ equivalente, tornou-se necessária a conversão do carbono em CO₂. A conversão do carbono em CO₂ equivalente (CO₂eq) foi realizada de acordo com a metodologia adotada por FACE (1994).

Para efeito deste estudo, considerou-se não haver restrições de demanda no mercado para o produto avaliado e que toda a quantidade de carbono estocada pudesse ser convertida em créditos de carbono, ou seja, que a linha de base do projeto fosse o solo sem carbono estocado sobre ele. A validade ou não dos créditos de carbono não foi considerada no estudo, pois o objetivo deste foi avaliar o potencial de armazenamento de carbono pelo plantio de cupuaçuzeiro, para possíveis negociações com créditos de carbono. É importante ressaltar que existem ainda no plantio de cupuaçuzeiro outros componentes onde se estocam carbono, como os frutos e o solo, os quais não foram contabilizados neste estudo. A quantificação dos CERs e a análise econômica foram realizadas para uma simulação do plantio de cupuaçuzeiro com ciclo de produção de 25 anos.

Ressalta-se que, no caso dos projetos florestais a serem submetidos à aprovação pelo Comitê Executivo do MDL, para comercialização de créditos de carbono, a contabilização dos CERs deve ser realizada levando-se em conta a diferença entre a quantidade de carbono fixada pelo projeto no final do ciclo e a

quantidade de GEE (gases do efeito estufa) emitida pela queima de combustíveis fósseis, uso de fertilizantes, decomposição vegetal, etc.) durante sua cadeia de produção, mais o que havia no local antes da implantação do projeto. Contudo, esse balanço não foi realizado neste estudo. Deu-se ênfase apenas à contabilização dos CERs correspondentes ao carbono fixado nos compartimentos da árvore de cupuaçuzeiro, considerando que o estoque de carbono inicial na área fosse igual a zero.

4.2.3 Cenários estudados

Para se analisar a viabilidade econômica da cultura do cupuaçuzeiro, duas situações foram estudadas:

- cupuaçuzeiro sem a geração dos CERs: foi realizada a análise econômica considerando somente os custos do projeto florestal e as receitas obtidas pela venda do fruto do cupuaçu.
- cupuaçuzeiro com a geração dos CERs: neste cenário, além dos custos do projeto florestal e das receitas obtidas com a venda do fruto, foi incluído também o custo do projeto de créditos de carbono e a receita proveniente da venda dos CERs

4.2.4 Fluxo de caixa e taxa de desconto utilizado

O fluxo de caixa representa as estimativas de receitas e despesas de recursos monetários em um determinado projeto produtivo ao longo do tempo. O resultado líquido desse fluxo é calculado subtraindo-se as receitas das despesas do projeto, associado a cada período (SANTOS et al. 2002). Todos os custos e receitas incidentes no projeto foram ordenados anualmente em um fluxo de caixa, segundo Rezende e Oliveira (2001). Esses valores foram atualizados mediante o uso de fórmulas financeiras, para um determinado momento no horizonte de tempo. A taxa de desconto aplicada foi de 10% ao ano. Optou-se por esta taxa por ser bastante utilizada em análises de projetos florestais e também por ser recomendada pelo

Centro de Estudos Integrados sobre o Meio Ambiente e Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente, no documento que trata dos critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade para a avaliação de projetos candidatos ao MDL (BRASIL, 2002).

4.2.4.1 Composição dos custos

Os custos utilizados para se proceder à análise econômica foram aqueles necessários para se implantar um hectare da cultura do cupuaçuzeiro. Esses custos estão relacionados à mão-de-obra e aos insumos usados para a realização das seguintes atividades:

- Implantação da cultura: esta etapa foi subdividida nas seguintes subetapas:
 - Preparo do solo: foram considerados os custos referentes à roçada da vegetação, à limpeza da área e ao balizamento.
 - Aquisição de mudas: foram considerados os custos de aquisição de mudas de sementes clonais de cupuaçuzeiro, resistentes a vassoura - de -bruxa. Foram acrescentados 10% sobre o número total de mudas, a fim de garantir o replantio das falhas.
 - Plantio: foram considerados os custos das atividades de abertura de cova, enchimento de saquinhos, aplicação de calcário, adubação na cova, transporte e distribuição das mudas dentro da área de plantio e replantio.
- Manutenção/Tratos culturais: as etapas consideradas nesta fase foram roçagem manual, aplicação de calcário, adubação de cobertura, coroamento e poda de limpeza.
- Colheita: esses custos referiram-se à coleta dos frutos no chão e transporte.

As informações sobre os coeficientes técnicos e as atividades realizadas no plantio de cupuaçuzeiro em consórcio com açaizeiro foram retiradas do site da Embrapa, (2011).

Na determinação dos custos de mão-de-obra para a realização das atividades se levou em consideração o valor do salário mínimo (R\$ 545,00), com acréscimo de 50% referente aos encargos sociais, valor médio, adaptado daquele sugerido pelo

SEBRAE (SEBRAE, 2002) e 22 dias úteis trabalhados no mês. Os preços dos insumos foram obtidos através de pesquisas de mercado local.

No presente estudo, o custo para obtenção dos CERs foi estimado considerando-se um custo fixo por projeto de U\$ 260.000 (R\$ 423.800,00, considerando US\$1.00 igual a R\$1,63), valor sugerido pelo Banco Mundial (2004) e um tamanho de projeto que resulte na absorção de 50.000 t CO₂eq./ano, o qual, segundo Haites (2004), é o tamanho mínimo de projeto economicamente viável para geração de CERs.

4.2.4.2 Composição das receitas

As receitas do plantio de cupuaçuzeiro foram àquelas referentes à venda do fruto, e dos CERs. As receitas do cupuaçu foram obtidas multiplicando-se a produção anual pelos respectivos preços praticados no mercado. O preço considerado para venda do fruto do cupuaçuzeiro foi de R\$ 1,00, preço recebido pelo produtor (PARÁ, 2011).

As receitas da venda dos CERs foram obtidas multiplicando-se a tonelada de CO₂ pelo preço de US\$ 16,3531, conforme sugerido por Haites (2004) e Lecocq (2004). Considerou-se que a receita obtida com os CERs ocorreu no ano 1 do projeto, de forma que as transações necessárias para emissão e comercialização (elaboração do projeto, identificação de investidores, preparo da documentação, determinação da linha de base, etc.) fossem realizadas no ano de implantação do projeto florestal.

4.2.5 Análise Econômica

A análise econômica foi realizada com a finalidade de verificar a viabilidade do projeto com e sem a venda dos CERs. Para efetuar essa análise foram utilizados

os seguintes critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido - VPL, Taxa Interna de Retorno - TIR e Valor Anual Equivalente - VAE.

4.2.5.1 Valor Presente Líquido – VPL

O Valor Presente Líquido representa a diferença positiva entre receitas e custos, atualizado de acordo com determinada taxa de desconto. Este critério atualiza todos os fluxos de caixa líquido futuros para o presente, chegando-se mais rapidamente ao valor de um projeto. Sua interpretação, uma vez que a taxa de desconto reflete o custo de oportunidade do capital, representa o valor dos benefícios líquidos presentes gerados por fluxos futuros de um determinado investimento e, quando o seu cálculo apresenta valores maiores que zero, diz-se que o projeto é viável economicamente seu VPL for positivo para determinada taxa de juros LIMA JÚNIOR (1995).

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j}$$

Em que: VPL= valor presente líquido;

R_j = receita no ano j;

C_j = custo no ano j;

i= taxa de desconto;

O Valor Presente Líquido é definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. A viabilidade econômica de um projeto analisado pelo método do VPL é indicada pela diferença positiva entre as receitas e os custos, atualizados, para uma determinada taxa de desconto (BUARQUE, 1991; REZENDE; OLIVEIRA 2000; SILVA et al. 2002).

4.2.5.2. Taxa Interna de Retorno – TIR

A Taxa Interna de Retorno é a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas (futuras) ao valor atual dos custos (futuros) do projeto, ou seja, é a taxa na qual o VPL é igual a zero, refletindo assim, as taxas de desconto intrínsecas do projeto para o qual o investidor iguala benefícios e custos. Se a TIR for maior que a taxa de desconto exigida pelo investimento, conclui-se pela viabilidade do projeto.

A Taxa Interna de Retorno de um projeto é a taxa anual de retorno do capital investido, tendo a propriedade de ser a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas futuras ao valor atual dos custos futuros do projeto, ou seja, é a taxa na qual o VPL é zero (BUARQUE, 1991; REZENDE; OLIVEIRA, 2000; SILVA et al. 2002).

$$\sum_{j=0}^n R_j (1 + TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j (1 + TIR)^{-j}$$

Em que: R_j = receita no ano ;

C_j = custo no ano j ;

i = taxa de desconto;

j = período de ocorrência do custo ou da receita; e

n = duração do projeto, em anos.

4.2.5.3 Valor Anual Equivalente – VAE

Este critério transforma o valor atual do projeto em fluxos de receitas ou custos periódicos contínuos, equivalentes ao valor atual, durante a vida útil do projeto (SILVA et al. 2002). De acordo com Resende e Oliveira (2001), um projeto será considerado economicamente viável se apresentar VAE positivo, indicando que os benefícios periódicos são maiores que os custos periódicos.

Segundo Rezende e Oliveira (1993), esses métodos consideram o valor do capital no tempo, ou seja, atribuem diferentes ponderações às receitas líquidas em função de sua distribuição ao longo do tempo, sendo os mais indicados para a

análise de projetos no setor florestal. O Valor Anual Equivalente é um critério econômico que transforma o valor presente líquido em um fluxo anual e constante de receitas/custos, de duração igual ao horizonte do projeto.

$$VAE = \frac{VPLi}{1 - (1+i)^{-n}}$$

Em que: VAE = valor anual equivalente;

VPL = valor presente líquido;

i = taxa de desconto; e

n = duração do projeto, em anos.

4.2.6 Análises de sensibilidade

A análise de sensibilidade consiste em checar os efeitos de mudanças percentuais ou absolutos nos parâmetros, nos resultados e nos indicadores econômicos (REZENDE; OLIVEIRA, 2001). Neste estudo, a análise de sensibilidade considerando o critério econômico VPL utilizou-se apenas o valor presente líquido (VPL) para verificar a viabilidade econômica dos projetos, foi aplicada ao cenário onde se incluiu a venda dos CERs. Para isso, a taxa de juros, o item de custo da mão-de-obra, os preços do fruto do cupuaçuzeiro e dos CERs foram submetidos a uma variação de seus valores de -20% e +20%, identificando pontos de nivelamento entre os diferentes usos, pela variação dos custos e preços na referida amplitude.

Na análise de sensibilidade, utilizou-se apenas o valor presente líquido (VPL) para verificar a viabilidade econômica dos projetos. Desta forma, realizou-se uma análise de sensibilidade do VPL às variações nas taxas de desconto e no custo do CERs, preço do fruto e custo de mão-de-obra para estabelecer a influência destes fatores na viabilidade econômica dos projetos.

4.2.7 Conversão de carbono em dióxido de carbono (CO₂)

Os valores de carbono (C) obtidos foram convertidos em dióxido de carbono (CO_2) por compartimento. O fator de conversão utilizado foi igual a 3,67, obtido pela razão entre a massa molecular do dióxido de carbono igual a 44 e a massa atômica do carbono (C), igual a 12 (BROWN et al. 1986; HOEN e SOLBERG, 1994; ORTIZ, 1997; RAMÍREZ et al. 1997). Assim sendo, a quantidade de CO_2 capturado é estimada pela equação:

$\text{CO}_2 = 3,67 \cdot \text{EC}$ em que:

CO_2 = Captura de dióxido de carbono, em t ha^{-1} ;

EC = Estoque de carbono, em t ha^{-1} ; e

3,67 = fator de conversão de carbono para dióxido de carbono.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Análise econômica

O estoque de carbono e a quantidade de CO_2 acumulado do primeiro ao sétimo ano encontram-se na (Tabela 7). Verifica-se que os resultados do primeiro ao sétimo ano da pesquisa apontam para um estoque de C de $2,12 \text{ t ha}^{-1}$ e para a quantidade de CO_2 de $7,78 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$. Para se atingir o resultado final, até o vigésimo quinto ano de produção, utilizou-se a estimativa do estoque de carbono com base no incremento médio de anos anteriores, projetando até o vigésimo quinto ano. O total de carbono obtido nos sete anos do experimento foi somado aos obtidos do oitavo ao vigésimo quinto ano, obtendo-se assim, uma estimativa para o total de carbono armazenado no cupuaçuzeiro aos 25 anos de idade (Tabela 7).

Tabela 7 – Estimativa do estoque de carbono e de CO₂ (eq) do cupuaçuzeiro aos 25 anos de idade

Compartimento do plantio	Carbono (tC/ha)	Estoque de CO₂ (eq) (tCO₂/ha)
Cupuaçuzeiro (1-7 anos)	2,12	7,78
Cupuaçuzeiro (8-25 anos)	14,78	54,24
Total	16,90	62,02

Os totais estocados de carbono nas diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro (caule, folhas, ramos primários e ramos secundários) e seus respectivos percentuais encontram na (Tabela 8).

Tabela 8 - Estimativa e valores percentuais do estoque de carbono nos compartimentos do cupuaçuzeiro aos 07 anos de idade

Compartimento da árvore	Carbono (kgC/ha)	Valor percentual (%)
Caule	350,57	16,53
Ramos primário	453,31	21,38
Ramos secundário	692,27	32,64
Folhas	624,62	29,45
Peso Total	2.120,77	100,00

Assim, os CERs gerados pelo plantio de cupuaçuzeiro correspondem a 62,02 t CO₂ ha⁻¹, referentes ao carbono estocado na biomassa arbórea do cupuaçuzeiro. Embora existam outros componentes onde se estocam carbono na cultura do cupuaçuzeiro (frutos, serrapilheira e solo), os CERs foram contabilizados levando-se em consideração somente o carbono fixado na biomassa do caule, folhas e dos ramos.

Com base nesse tamanho mínimo de projeto e na capacidade de geração de CERs do plantio de cupuaçuzeiro, que foi de 2,48 CERs ha/ ano, devido ao acúmulo de 62,02 t CO₂(eq) ha⁻¹ no final dos 25 anos do projeto, estimou-se que será

necessária uma área de 20.161 ha (50.000 tCO_{2eq}/ano divididas por 2,48 t CO_{2eq}/ha.ano) para a absorção de 50.000 tCO_{2eq}/ano, o que equivale a 50.000 CERs/ano. Assim, o custo para elaboração do projeto para obtenção dos CERs, por hectare, foi estimado diluindo-se o custo fixo do projeto pela área de plantio, correspondendo ao valor de R\$21,02 (R\$423.800,00 divididos por 20.161 ha). Considerou-se que esse custo ocorreu no ano de implantação do projeto florestal.

4.3.1.1 Fluxo de caixa do cupuaçuzeiro sem os CERs

Na análise econômica foram considerados as atividades e os custos por hectare, referentes a um plantio de cupuaçuzeiro, definido como de baixa tecnologia, com reduzido uso de máquinas, equipamentos e insumos em sua implantação

As atividades, produção, custo e a receita do plantio do cupuaçuzeiro sem os CERs podem ser visualizados na (Tabela 9).

Tabela 9 – Custo, receita e produção do plantio de cupuaçuzeiro sem os CERs

Ano	Atividades	Custo (R\$/ha)	Produção (frutos/ha)	Receita (R\$/ha)
0	Implantação do cupuaçuzeiro	5.500,00	-	-
1	Manutenção da produção	3.130,00	-	-
2	Manutenção da produção	3.130,00	-	-
3	Manutenção da produção	3.130,00	-	-
4	Manutenção da produção	3.130,00	6.000,00	6.000,00
5	Manutenção da produção	3.130,00	6.000,00	6.000,00
6	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
7	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
8	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
9	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
10	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
11	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
12	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
13	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
14	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
15	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
16	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
17	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
18	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
19	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
20	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
21	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
22	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
23	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00
24	Manutenção da produção	3.130,00	8.000,00	8.000,00

Verificou-se que as variações no fluxo de caixa no decorrer do ciclo de produção foram atribuídas às alterações dos custos e das receitas do plantio do cupuaçuzeiro. As variações dos custos foram influenciadas principalmente pelas manutenções anuais e pelos custos referentes colheita do cupuaçu. Já as alterações das receitas foram decorrentes das variações na produção de cupuaçu no decorrer dos anos.

Observa-se, na (Tabela 10), que a produção de cupuaçu se manteve constante no decorrer do ano mantendo-se o preço estável até o 25^o. Considerou-se a média no primeiro e segundo ano de produção de 15 frutos por planta e de 20 frutos por planta a partir do sexto ano, em 400 plantas em 01 ha no espaçamento de 5x5m. A produção economicamente viável começa a partir do 4^o ano.

Tabela 10 – Custo, receita e fluxo de caixa (corrente, atualizado e acumulado) para o plantio de cupuaçuzeiro sem a inclusão dos CERs

Ano	Custo total R\$/ha	Receita R\$/ha	Fluxo de Caixa R\$/há		
			Corrente	Atualizado	Acumulado
0	5.573,57	0,00	-5.573,57	-5.577,57	-5.573,57
1	3.130,00	0,00	-3.130,00	-2.845,45	-8.395,45
2	3.130,00	0,00	-3.130,00	-2.586,78	-10.982,23
3	3.130,00	0,00	-3.130,00	-2.351,62	-13.333,85
4	3.130,00	6.000,00	4.870,00	1.960,25	-11.373,60
5	3.130,00	6.000,00	4.870,00	1.782,04	-9.551,55
6	3.130,00	8.000,00	4.870,00	2.748,99	-6.842,57
7	3.130,00	8.000,00	4.870,00	2.499,08	-4.343,49
8	3.130,00	8.000,00	4.870,00	2.271,89	-2.071,59
9	3.130,00	8.000,00	4.870,00	2.065,36	-6,24
10	3.130,00	8.000,00	4.870,00	1.877,60	1.871,36
11	3.130,00	8.000,00	4.870,00	1.706,91	3.578,26
12	3.130	8.000,00	4.870,00	1.551,91	5.129,99
13	3.130	8.000,00	4.870,00	1.410,67	6.540,66
14	3.130	8.000,00	4.870,00	1.282,42	7.823,08
15	3.130	8.000,00	4.870,00	1.165,84	8.988,92
16	3.130	8.000,00	4.870,00	1.059,85	10.048,78
17	3.130	8.000,00	4.870,00	963,50	11.012,28
18	3.130	8.000,00	4.870,00	875,91	11.888,19
19	3.130	8.000,00	4.870,00	796,28	12.684,48
20	3.130	8.000,00	4.870,00	723,89	13.408,37
21	3.130	8.000,00	4.870,00	658,09	14.066,46
22	3.130	8.000,00	4.870,00	598,26	14.664,72
23	3.130	8.000,00	4.870,00	543,87	15.208,59
24	3.130	8.000,00	4.870,00	494,43	15.703,02

Analisando o fluxo de caixa corrente no plantio do cupuaçuzeiro sem a inclusão dos CERs, verificou-se que este se apresentou negativo até o 3º ano, quando se iniciou a comercialização dos frutos, passando a ser positivo a partir do 4º ano, com a inclusão das receitas do cupuaçu. O saldo negativo nos primeiros anos é justificado pelo fato do plantio de cupuaçu não apresentar receitas até o 4º ano e pelo incremento dos custos com a implantação do cupuaçuzeiro.

O fluxo de caixa acumulado do plantio de cupuaçuzeiro demonstrou que para o cenário sem os CERs o lucro do projeto passou a ocorrer somente a partir do 10º ano. Ainda que o plantio de cupuaçuzeiro envolva custos nos primeiros anos e receitas somente a partir do 4º ano, seu fluxo de caixa demonstrou que a atividade é rentável. Além disso, deve-se levar em consideração que a culturas de ciclo longo, possibilita a obtenção de receitas por um grande período de tempo e durante quase todo o ano.

O comportamento observado neste fluxo de caixa não difere daqueles geralmente encontrados na maioria dos projetos florestais. Altos custos iniciais e receitas em longo prazo são características que muitas vezes tornam os projetos dessa natureza pouco atrativos.

Uma maneira de agregar receitas e minimizar o fluxo de caixa negativo do plantio seria a implantação de culturas agrícolas entre as linhas de cupuaçuzeiro nos três primeiros anos da atividade e/ou agregar valor ao produto com a comercialização de polpa do fruto, que hoje é comercializado a R\$ 5,00. Entretanto, não se considerou esta possibilidade no presente estudo, visto que o principal objetivo foi analisar a viabilidade econômica e considerando a geração de CERs, os quais, para o primeiro período de compromisso do Protocolo de Kyoto (2008 a 2012), são válidos somente para espécies florestais.

Acredita-se que, com a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto e com a regulamentação do mercado de créditos de carbono, os custos de transação de um projeto de MDL assumirão valores mais baixos, e os preços dos CERs, valores mais altos. Desse modo, projetos com capacidade de gerar menor quantidade de CERs poderão se tornar mais viáveis economicamente.

Pesquisando no mercado de crédito de carbono o preço dos CERs apontou o valor atual (29/03/2011) para as unidades de redução na emissão de aproximadamente US\$16,35 a tonelada de CO₂.

4.3.1.2 Fluxo de caixa do cupuaçuzeiro com os CERs

O fluxo de caixa do cenário considerando a venda dos créditos de carbono diferenciou-se do anterior devido à inclusão do custo do projeto para geração dos CERs, R\$ 21,02 por ha no ano de implantação gerou um incremento na receita (R\$ 1.653,26/ha) no ano 1 (Tabela 11).

Observou-se que a receita dos CERs no ano 1 mesmo não tendo permitido a cobertura dos custos de implantação do cupuaçuzeiro, possibilitou um ganho maior, mesmo sem antecipar o retorno do investimento do 9^o ano, quando comparado ao cenário anterior. O fluxo de caixa acumulado nos anos seguintes comprovou que a inclusão dos créditos de carbono ao plantio de cupuaçuzeiro é uma opção para tornar a atividade mais rentável.

Um fator que interfere nos preços dos CERs é o tipo de projeto que vai emitir os certificados. Os CERs provenientes de projetos de florestamento e reflorestamento têm sido cotados a preços menores. Alega-se que este tipo de projeto não oferece segurança quanto à perenidade, estando sujeito à ocorrência de sinistros (fogo, pragas) ou à eliminação para substituição por outro tipo de cultura, colocando em risco o atendimento aos compromissos quanto à redução das emissões, Pandey (2002), ressalta ainda que o tempo da retenção do carbono na árvore é uma consideração importante para projetos candidatos à geração de CERs.

Com base no custo fixo do projeto dos CERs (R\$ 423. 800,00) e no valor de venda de US\$16,3531 t CO₂ (R\$26,6555, considerando US\$ 1.00 igual a R\$1,63), chegou-se à conclusão que para a receita dos CERs cobrir este custo seria necessária uma área mínima de 256 ha plantada com cupuaçuzeiro, o que implicaria a geração de 15.900 CERs no final dos 25 anos.

Tabela 11 – Custo, receita e fluxo de caixa (corrente, atualizado e acumulado) para o plantio de cupuaçuzeiro com a inclusão dos CERs

Ano	Custo Total R\$/ha	Receita R\$/ha	Fluxo de Caixa R\$/ha		
			Corrente	Atualizado	Acumulado
0	5.573,57	0,00	-5.573,57	-5.573,57	-5.550,00
1	3.130,00	1.653,26	-1.514,55	-1.376,86	-6.892,49
2	3.130,00	0,00	-3.130,00	-2.586,78	-9.479,27
3	3.130,00	0,00	-3.130,00	-2.351,62	-11.830,88
4	3.130,00	6.000,00	2.870,00	1.960,25	-9.870,63
5	3.130,00	6.000,00	2.870,00	1.782,04	-8.088,59
6	3.130,00	8.000,00	4.870,00	2.748,99	-5.339,60
7	3.130,00	8.000,00	4.870,00	2.499,08	-2.840,52
8	3.130,00	8.000,00	4.870,00	2.271,89	-568,63
9	3.130,00	8.000,00	4.870,00	2.065,36	1.496,72
10	3.130,00	8.000,00	4.870,00	1.877,60	3.374,32
11	3.130,00	8.000,00	4.870,00	1.706,91	5.081,23
12	3.130,00	8.000,00	4.870,00	1.551,73	6.632,96
13	3.130,00	8.000,00	4.870,00	1.410,67	8.043,62
14	3.130,00	8.000,00	4.870,00	1.282,42	9.326,05
15	3.130,00	8.000,00	4.870,00	1.165,84	10.491,89
16	3.130,00	8.000,00	4.870,00	1.059,85	11.551,74
17	3.130,00	8.000,00	4.870,00	963,50	12.515,24
18	3.130,00	8.000,00	4.870,00	875,91	13.391,16
19	3.130,00	8.000,00	4.870,00	796,28	14.187,44
20	3.130,00	8.000,00	4.870,00	723,89	14.911,33
21	3.130,00	8.000,00	4.870,00	658,09	15.569,42
22	3.130,00	8.000,00	4.870,00	598,26	16.167,68
23	3.130,00	8.000,00	4.870,00	543,87	16.711,55
24	3.130,00	8.000,00	4.870,00	494,43	17.205,98

4.3.1.3 Análise dos itens de custo

Durante o período de 25 anos, o custo total atualizado da implantação da cultura do cupuaçuzeiro sem e com os créditos de carbono, foi de R\$33.672,25 e R\$33.693,27 por hectare, respectivamente. A participação dos componentes do custo total atualizado para o cenário sem os CERs pode ser observada na (Figura 19).

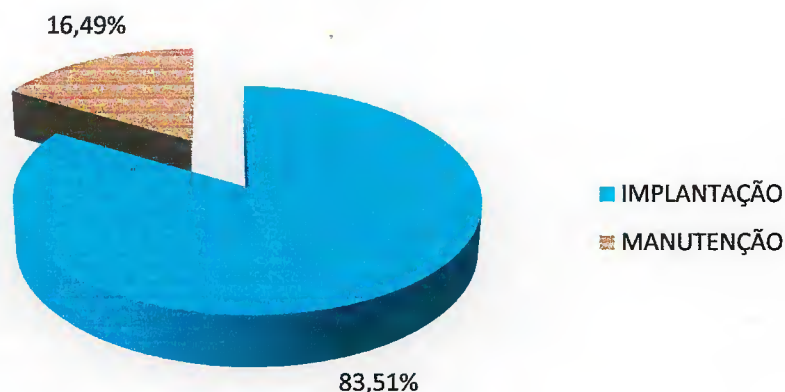


Figura 19 - Participação percentual dos custos atualizados do plantio do cupuaçuzeiro sem os CERs.

Verificou-se que o custo referente à manutenção apresentou-se como o mais elevado, correspondendo a 83,51% do custo total. Do custo referente à manutenção, 83,89% foi atribuído à mão-de-obra e 16,11% aos insumos. O segundo componente que apresentou maior valor foi o custo de implantação do cupuaçuzeiro (16,49%). Desse total, 72,46% corresponderam à mão-de-obra, 9,00% aquisição de mudas, e 18,54% com insumos.

Considerando o custo total, constatou-se que 92,89% foram referentes à mão-de-obra, estando distribuídos da seguinte forma: 64,31% na etapa de manutenção, 35,69% na implantação. Diante desses resultados, pode-se afirmar que o item mão-de-obra é o principal componente do custo total do plantio de cupuaçuzeiro. Esse fato é atribuído ao uso intensivo de práticas manuais em todas as etapas do cultivo dessa cultura durante quase todo o ano e, também, aos altos encargos sociais incidentes sobre a folha de pagamento dos funcionários.

Por sua vez, a absorção de mão-de-obra e, conseqüentemente, a contribuição para a geração de emprego e renda no meio rural são características que fazem com que o plantio de cupuaçuzeiro possa atender a um dos objetivos do MDL: contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Vale ressaltar que os custos da implantação de cupuaçuzeiro podem variar de acordo com a região de execução do projeto, principalmente os custos relacionados à fertilização, aplicação de defensivos e tipo de vegetação que será removida. Essa

variação pode ser atribuída às características edafoclimáticas de cada local, ao tipo de material genético utilizado e, conseqüentemente, à suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças à cultura.

Para o cenário em que foram considerados os créditos de carbono, verificou-se que o custo dos CERs foi equivalente a 0,06% do custo total do projeto por hectare. Como o custo dos CERs geralmente é fixo por projeto, pode-se inferir que este custo por hectare pode ser diluído de acordo com o tamanho da área do projeto ou a quantidade de CERs gerados. Além disso, como a comercialização de créditos de carbono é uma atividade nova no mercado, espera-se que, à medida que novos projetos forem aprovados e que as metodologias de quantificação de emissões e de reduções se tornarem mais simplificadas, esses custos sejam reduzidos, proporcionando assim uma maior viabilidade aos projetos de MDL.

4.3.1.4 Análise da viabilidade econômica pelos critérios VPL, TIR e VAE

Utilizando taxa anual de desconto de 10% para o período de 25 anos, observou-se que o projeto apresentou-se economicamente viável com e sem os créditos de carbono, de acordo com os três critérios analisados (Tabela 12).

Tabela 12 – Viabilidade econômica pelos critérios VPL, TIR e VAE em R\$/ha para o plantio de cupuaçuzeiro sem e com os CERs, utilizando taxa de desconto de 10% a.a. e horizonte de planejamento de 25 anos.

Cenários (R\$/ha)	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	VAE (R\$/ha)
Sem os CERs	15.703,02	19,85	1.729,97
Com os CERs	17.205,98	21,66	1.895,55

VPL = Valor Presente Líquido; TIR = Taxa Interna de Retorno; VAE = Valor Anual Equivalente.

Os valores encontrados para os VPLs demonstraram que o plantio de cupuaçuzeiro proporcionou um lucro de R\$15.703,02/ha e R\$17.205,98/ha sem e

com os créditos de carbono, respectivamente. Comparando os dois cenários, verificou-se aumento de 8,74% no VPL quando foram considerados os créditos de carbono. Assim, pode-se inferir que a inclusão de receitas oriundas dos créditos de carbono é uma alternativa capaz de aumentar a viabilidade do plantio de cupuaçuzeiro e de atuar como um atrativo ao investimento em projetos dessa natureza.

Conforme comentado anteriormente, é esperado que após a consolidação do mercado de créditos de carbono, prevista pelo Protocolo de Kyoto, o preço dos CERs aumente e que o custo do projeto para geração destes diminua. Isso, conseqüentemente, viabilizará ainda mais os projetos de créditos de carbono.

Utilizando o critério TIR, verificou-se que para o cenário sem a inclusão dos CERs a TIR foi de 19,85%, podendo ser considerada uma rentabilidade razoável. Porém, as altas taxas de juros no Brasil e a propensão aos riscos que os projetos florestais apresentam (ataque por doenças, pragas, fogo, etc.) são fatores que diminuem a sua atratividade, mesmo que tais projetos se apresentem viáveis. O aumento da TIR para 21,66% quando considerados os CERs indicou que os créditos de carbono proporcionaram uma ótima rentabilidade ao capital, podendo ser considerado um atrativo ao investimento em projetos florestais.

Na análise econômica com a valorização do carbono estocado a taxa interna de retorno do investimento, foi crescente com o ingresso do carbono estocado saindo de 19,85% para 21,66%.

A TIR dos 25 anos com a venda dos CERs foi superior à TIR de 12,48% encontrada por Kreuz e Baú (2001), na análise de rentabilidade do cultivo de *Pinus* (*Pinus taeda*), porém bem próximo e ainda superior àquela de 23,58% do estudo de Souza; Kreuz e Motta (2004) mesmo com a valorização do carbono estocado.

Os valores encontrados para o VAE demonstraram que o projeto sem os CERs apresentou uma receita líquida anual de R\$1.729,97/ha; e com a inclusão dos CERs, a renda anual subiu para R\$ 1.895,55. Com base nesses valores pode-se inferir que mesmo sem a inclusão dos CERs a rentabilidade anual do plantio de cupuaçuzeiro é boa, principalmente por se tratar de uma atividade que pode ser praticada por pequenos produtores rurais e que não exige o uso de alta tecnologia e mecanização, sendo os principais fatores de produção: terra e mão-de-obra.

Além disso, é uma atividade em que o produtor pode contar com a mão-de-obra familiar e, ainda, conciliar com outras atividades em sua propriedade, assim como, de utilizar a mesma área para o cultivo de culturas de subsistência.

Segundo os critérios do VPL e VAE o projeto foi considerado economicamente viável, pois o VPL e VAE foram maiores do que zero. A TIR apresentou um valor maior do que a taxa mínima de atratividade, que no caso do presente trabalho foi de 10% a.a., o que torna o projeto mais seguro e viável para o investidor. Se a situação no presente cenário fosse ao contrário, seria considerado de maior risco, o que é a mais comum nos atuais projetos de MDL no mercado. Ao invés de se receber os créditos de carbono à medida que são gerados, decide-se por fazer uma venda antecipada dos mesmos, com o risco ficando por conta do investidor ou comprador.

4.3.1.5 Análise de sensibilidade

Os resultados da análise de sensibilidade demonstraram que o VPL apresentou-se sensível às variações percentuais nos preços dos CERs e acentuadas variações no preço do cupuaçu, custo de mão-de-obra e taxa de juros. Dentre essas variáveis, as que mais afetaram a viabilidade do plantio de cupuaçuzeiro foi o preço de cupuaçu (Tabela 13 e Figura 20).

Observou-se também que o decréscimo de 20% na taxa de juros ocasionou aumento para R\$23.807,85. Para acréscimo de 20% ocorreu um decréscimo para R\$12.215,20 no VPL, o que correspondeu a um acréscimo de 38,37% na viabilidade do projeto quando da redução de -20% e 40,9% quando do acréscimo de +20%. A maior variação observada para o critério VPL, devido às variações na taxa de juros, o que comprova que a taxa de juros é um dos principais fatores que afetam a viabilidade econômica do plantio de cupuaçuzeiro. Isso ocorre em razão da natureza do fluxo de caixa deste tipo de projeto, em que os custos incidem do início ao fim e as receitas só passam a ocorrer posteriormente aos custos iniciais, geralmente após o 6º ano

Observou-se ainda, que o acréscimo no preço dos CERs ocasionou um aumento de R\$17.205,98 para R\$17.506,57 representando 1.74% na viabilidade do VPL. Com o decréscimo de 20% no preço dos CERs houve uma redução de R\$ 17.205,98 para R\$ 16.156,15, havendo uma redução na viabilidade do plantio de cupuaçuzeiro em apenas 6,09 %, permanecendo estável, portanto. Isso pode ser explicado porque a receita proveniente dos CERs representa um montante menor quando comparado ao custo total do investimento; com isso, quando incorrem os juros, a receita dos CERs é menos afetada do que os custos do projeto. Outro fator é o prazo de incidência dos juros sobre as receitas e os custos. Como os CERs são negociados no ano 1, eles sofreram menor influência da taxa de desconto.

A maior influência da variável preço do cupuaçu no critério VPL, em relação às demais variáveis, é justificada pelo montante das receitas advindas do produto. Por meio das análises realizadas, verificou-se que, mantendo os custos de produção e a taxa de desconto de 10% a.a, o projeto será viável economicamente mesmo sem as receitas dos CERs Tabela 12.

Tabela 13 – Análise de sensibilidade para o VPL do cenário considerando a venda dos CERs, variando a uma taxa de -20% e +20%, nos custos e nas receitas do plantio de cupuaçuzeiro.

VARIÁVEIS	VPL (R\$/ha)		
	-20%	0%	+20%
Preço cupuaçu	7.330,93	17.205,98	27.081,03
Preço CERs	16.905,38	17.205,98	17.506,57
Taxa de juros	23.807,85	17.205,98	12.215,20
Custo mão-de-obra	21.779,57	17.205,98	12.622,39

Quando considerados os CERs, observou-se que o preço do cupuaçu quando do acréscimo de 20%, o lucro aumentou em 57,39% passando de R\$17.205,98 para R\$27.081,03, aumentando assim, a viabilidade do projeto. Com redução de 20% o projeto continuará viável, mas com uma taxa de atratividade muito baixa, apenas 15,66%. Em relação ao item de custo mão-de-obra, que foi de R\$25,00/dia (considerando o preço cobrado na região, objeto de implantação da presente pesquisa) e 22 dias úteis por mês), observou-se que esse valor poderá sofrer um acréscimo de até 20%, ou seja, atingir o valor de no máximo R\$ 30,00/dia que, ainda assim, o projeto manter-se ia viável.

Quanto ao efeito da taxa de desconto sobre o VPL, nota-se que a uma taxa de desconto de 10% ao ano, o projeto foi viável economicamente. Analisando ainda o projeto observa-se que à medida que a taxa de desconto e o custo de mão-de-obra aumenta, o risco do empreendimento também é maior e o VPL cresce em termos negativos, ou seja, o prejuízo aumenta.

O projeto por sua vez, também apresenta decréscimos do valor do VPL à medida que a taxa de desconto e o custo de mão-de-obra aumenta. Esta sensibilidade às variações na taxa real de desconto usado era esperada, uma vez que altas taxas de desconto tendem a inviabilizar investimentos em longo prazo, devido ao longo tempo de conversão do investimento, como é o caso de investimentos no setor florestal e /ou agrícola. Neste contexto, sugere-se o uso de taxas inferiores àquelas usadas por outros setores da economia, a fim de viabilizar economicamente os projetos.

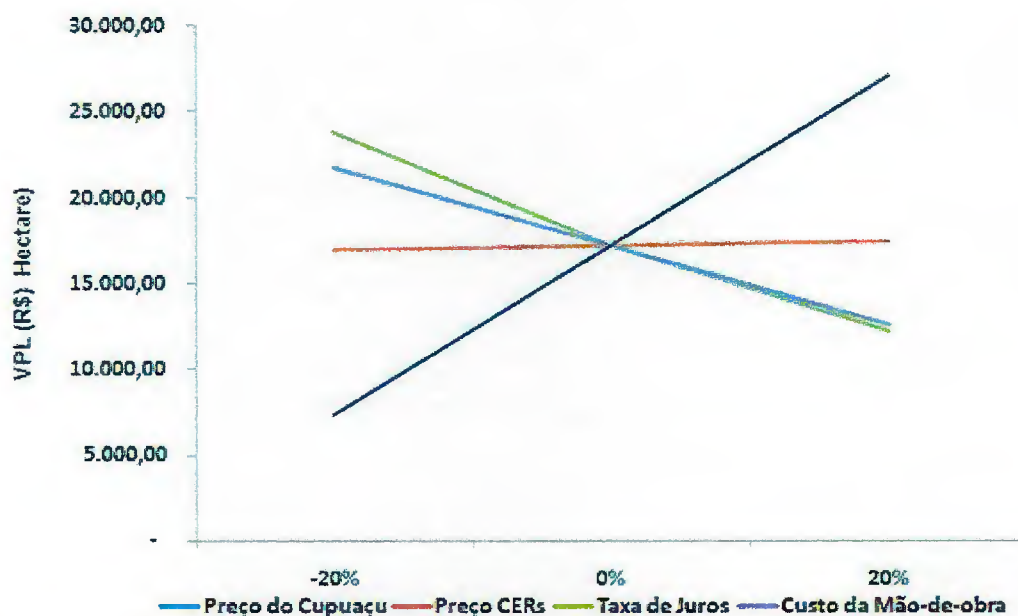


Figura 20 - Valores de VPL para plantio de cupuaçuzeiro, considerando as variações percentuais na taxa de juros, no preço do cupuaçu, custo de mão-de-obra e no preço do CERs

4.3.1.6 O plantio de cupuaçuzeiro como projeto de MDL

Do ponto de vista climático, o cultivo de cupuaçuzeiro implicará na retirada de CO₂ da atmosfera, contribuindo em grande parte para a mitigação do efeito estufa. A possibilidade de esse tipo de atividade gerar CERs e ser elegível como projeto de MDL permitirá a obtenção de receitas extras no início do projeto, tornando-o mais rentável, uma vez que a maioria dos projetos florestais é de alto investimento e os retornos financeiros ocorrem em longo prazo.

De acordo com Dossa (2000), quais seriam os benefícios econômicos das diferentes alternativas de investimento que o produtor rural dispõe? Todo o processo de tomada de decisão considera, além dos aspectos econômico-financeiros, as restrições dos fatores de produção e os riscos envolvidos no processo de produção.

O investimento florestal requer um montante significativo de capital, o qual fica imobilizado por longo período. Segundo Siqueira (2003), estas são as duas variáveis que mais influenciam a tomada de decisão de investir em um empreendimento florestal.

Como vários autores explicitam, o ambiente econômico tem-se mostrado dinâmico, com significativas transformações, sobretudo a partir dos anos 90, tornando o processo de tomada de decisão mais complexo, pois envolve um futuro incerto.

Para planejar e decidir, os agentes econômicos precisam reduzir as incertezas, representadas pelo complexo ambiente econômico, transformando-as em riscos. De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2000), as três alternativas para a solução de problemas sob condições de incerteza são: uso de regras de decisão às matrizes de decisão; análise de sensibilidade; e a simulação.

O potencial da atividade com a cultura do cupuaçu de atender aos critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade e de contribuir para o desenvolvimento sustentável foi comprovado pela grande procura e crescente níveis de plantio da cultura e apresenta maior contribuição para o desenvolvimento sustentável em relação às atividades de produção de doces, sorvetes e outras sem utilidades de iguarias feitas com o cupuaçu.

Além de corresponder à principal premissa dos projetos de carbono – reduzir o CO₂ da atmosfera – o plantio de cupuaçuzeiro possui outras características que o tornam capaz de atender a um dos objetivos do MDL: contribuir para o desenvolvimento sustentável. Dentre essas características, destacam-se: o uso intensivo de mão-de-obra; o melhor aproveitamento da área de plantio, pois os espaçamentos entre as árvores de permitem o plantio de outras culturas intercalares;

a possibilidade de obtenção de receitas praticamente o ano inteiro; e o melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Outra particularidade favorável do plantio de cupuaçuzeiro à geração de créditos de carbono é o tempo de duração do projeto, ou seja, o tempo em que o carbono ficará armazenado naquele plantio. É uma cultura de ciclo longo (mais de 25 anos), que permitem a estocagem do carbono em sua biomassa por um grande período de tempo. Além disso, sua exploração econômica não implica o corte das árvores, o que provavelmente acarretaria emissões de CO₂ para a atmosfera.

É importante lembrar que, para que um projeto seja aprovado a gerar e comercializar CERs, ele deverá comprovar adicionalidade em relação a uma linha de base, ou seja, a quantidade de carbono no cenário com a implantação do projeto deverá ser superior à do cenário de referência.

Outro ponto que não pode deixar de mencionado é a questão do tamanho da propriedade, algo que afeta não só este cenário como os demais. Segundo os cálculos do presente trabalho, é necessária uma propriedade de 20.161 ha para se garantir a fixação de 50.000 t CO₂ ano⁻¹ e/ou 256 ha com base no custo fixo do projeto (R\$423.800,00), que é o tamanho mínimo para que se tenha potencial de implementação de projetos de carbono. Entretanto, o tamanho dessa propriedade é acima de 4 módulos fiscais (100 ha) (ARAUJO JÚNIOR et al., 2006), que é o tamanho máximo de uma pequena propriedade, segundo a lei 8.629/93 (BRASIL, 2007).

Esse fato inviabiliza a participação de pequenos produtores em projetos que visem à geração de créditos de carbono com características semelhantes ao cenário apresentado no presente trabalho. Em função disso, uma possível alternativa seria a formação de cooperativas ou associações de pequenos agricultores a fim de que se elaborasse um projeto considerando a área do grupo e não apenas as áreas individuais. Além disso, essa alternativa permitiria que os custos de elaboração do projeto fossem divididos por todo o grupo o que facilitaria ainda mais a inclusão de pequenos produtores nesse mercado.

Existem ainda muitas controvérsias e questionamentos quanto às definições estabelecidas para os projetos florestais no que se refere à geração de CERs. Acredita-se que a grande dificuldade esteja em estabelecer metodologias consistentes para a determinação da linha de base e em encontrar maneiras para quantificar as emissões e as reduções de carbono do projeto. Ainda há muitas dúvidas em relação à mensuração do carbono captado ou reduzido e quanto às

emissões atribuídas à atividade do projeto. Além disso, os projetos florestais envolvem diversas variáveis ambientais, qualitativas e quantitativas de difícil mensuração.

Com isso, pode-se inferir que a valoração desse bem ambiental e o surgimento desse novo mercado acarretarão maior incentivo à pesquisa científica, de forma a suprir as incertezas quanto às definições e regulamentações para os projetos florestais e subsidiar o desenvolvimento de metodologias consistentes de quantificação de emissões e reduções. Com a ratificação do Protocolo de Kyoto pela Rússia no final de 2004, finalmente foram atingidos todos os requisitos para que este entrasse em vigor, mesmo sem o apoio dos Estados Unidos, que sozinhos são responsáveis por 36,1% das emissões. No entanto, é de se esperar que a implementação de projetos para geração de créditos de carbono se torne uma arma poderosa para orientar um determinado número de investimentos nos países em desenvolvimento.

Assim, para que projetos deste tipo fossem implementados, seria necessária a presença de mecanismos que pudessem viabilizar este tipo de projeto. Nesse contexto, os recursos a fundo perdidos surgem como uma opção interessante para a sua viabilização econômica. Dentre os fundos de carbono que se encaixam na categoria de fundo perdido (*closed-end fund*), isto é, fundos que financiam projetos que visam redução/remoção de emissões de gases de efeito estufa sem expectativa de retorno do montante investido, nesse sentido, seria possível inferir que o Estado do Pará pudesse obter tanto ganhos ambientais quanto econômicos com esse mercado.

As condições edafoclimáticas, a disponibilidade de terras e de mão-de-obra, e o domínio de tecnologia são fatores que permitem ao Estado captar recursos do MDL e contribuir significativamente para a mitigação do efeito estufa. Além do mais, a execução de projetos envolvendo o plantio de cupuaçuzeiro criará possibilidades para que o Pará não perca e continue a ocupar as primeiras posições no *ranking* dos exportadores de frutas.

A produção do cupuaçuzeiro começa por volta de três anos após o plantio. Cada uma é capaz de gerar, em média, doze frutos e, em alguns casos, mais de 40 unidades. Porém, a casca do fruto do cupuaçuzeiro é resíduo de biomassa agrícola que alguns produtores o utilizam para fabricação de adubo orgânico, mas na maioria das vezes são aglomerados em um lugar perto da área de processamento dos

frutos, contribuindo para a proliferação de pragas e doenças que incidem sob a cultura do cupuaçuzeiro.

Com a viabilidade de implementação do aproveitamento da casca do cupuaçu como carvão, pois tendo a mesma apresentado combustão espontânea poderá ser um energético em potencial para produção de energia. A quantidade de casca gerado em uma área de 1 ha varia de acordo com o peso do fruto, que pode variar de 0,5 a 4 Kg, cerca de 2,8 a 5 t de casca de cupuaçu.

Outra característica importante verificada na casca do cupuaçu é que o seu teor de lignina (39%) foi superior ao registrado por Klock et al. (2005), que reportou um valor de até 20% para espécies vegetais folhosas. A casca apresentou ainda teor de lignina superior ao de celulose (28%) e de acordo com Seye et al. (2000) o alto teor de lignina é indicativo para maior rendimento do carvão vegetal.

Ademais, o Estado do Pará possui segundo (PARÁ, 2010) uma área com 28.964 ha, distribuídos em todos os municípios, o que certamente, além do acréscimo de uma receita de R\$ 1.653,26 por hectare pela venda de crédito de carbono no período de 25 anos, o que daria algo em torno de R\$47.885.022,64 e mais, contribuiria para retirar da atmosfera em torno de 489.491,6 (t/C/ha) ou 1.796.434,1 toneladas de CO₂(eq) no período de 25 anos.

O desenvolvimento da agricultura familiar no Estado do Pará, passa inevitavelmente pelo desenvolvimento econômico dos produtores que são os destinatários finais da receita gerada. Os resultados mostram que a cultura do cupuaçuzeiro que já tem a função econômica geradora de renda, pode ter também uma função energética como insumo em processo de geração de eletricidade, além de contribuir com o seqüestro de carbono no meio ambiente.

Cabe a nós, habitantes deste Estado, saber explorar com consciência, planejamento e responsabilidade, as riquezas do Estado do Pará, sem, contudo, ferir seu delicado complexo ecossistema, pois somente assim, estaremos garantindo o futuro da vida da floresta e acima de tudo, garantindo o futuro de nossas próprias vidas.

4.4 CONCLUSÕES

- O plantio de cupuaçuzeiro mostra-se uma atividade economicamente viável para os cenários com e sem os CERs, entretanto os créditos de carbono aumentam consideravelmente sua atratividade, atuando como incentivo à implementação da atividade;
- O custo da mão-de-obra é responsável por 92,89% do custo total do consórcio, evidenciando-se a sua contribuição significativa na geração de emprego e renda no meio rural e, conseqüentemente, no desenvolvimento sustentável, característica desejada nos projetos de MDL;
- O estoque de carbono na biomassa arbórea credencia o plantio de cupuaçuzeiro como uma atividade promissora na geração de CERs;
- O plantio de cupuaçuzeiro é uma opção de projeto de MDL com potencial de aprovação pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, na modalidade de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, proposta no Protocolo de Kyoto;

REFERÊNCIAS

ARAUJO JUNIOR, A. F. et al., **Economia da disputa por terras em Minas Gerais**. Ibmec MG, 2006.(Working Paper, 38.) Disponível em: <<http://www.ceaae.ibmecmg.br/wp/wp38.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2007.

BANCO MUNDIAL. **Banco Mundial e as mudanças climáticas**. 2004. Disponível em: <<http://www.bancomundial.org/temas/resenas/clima.htm>>. Acesso em: jun. 2004.

BARAL, A; GUHA, G. S. Trees for carbon sequestration or fossil fuel substitution: the issue of cost vs. carbon benefit. **Biomass & bioenergy**. p. 41-45, 2004.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de avaliação química em plantas**. Recife: UFRPE, 2004. 149p.

BRASIL. **Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L8629.htm>>. Acesso em: 21 jun. 2007.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade para avaliação de projetos que contribuam para a mitigação das mudanças climáticas e para a promoção do desenvolvimento sustentável**. Brasília, 2002. 42 p.

BROWN, S.; LUGO, A. E.; CHAPMAN, J. Biomass of tropical tree plantations and its implication for the global carbon budget. **Canadian Journal of Forest Research**, v.13, p.390-394, 1986.

BUARQUE. C. **Avaliação econômica de projetos**: uma apresentação didática. Rio de Janeiro: Campus, 1991.266 p.

CARMO, C. A. F. S. et al., **Estimativa do estoque de carbono na biomassa de clones de seringueira em solos da Zona da Mata/MG**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 14p.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2000. 458 p.

COSTA, P. M.; SILVA, N.; AUKLAND, L. **Plantações e a mitigação de efeito estufa: análise resumida.** [Rio de Janeiro]: 2000. Disponível em: <<http://www.ecosecurities.com/300publications.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2003.

DOSSA, D. **A decisão econômica num sistema agroflorestal.** Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 24 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 39).

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de produção em cupuaçuzeiro** 2011. Disponível em http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/paginas/cultivo.htm. Acesso em 31 ago 2011.

FACE. **Forest absorbing carbon dioxide emission:** Annual Report 1993. Arnheim: Netherlands, 1994.

FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Mudanças Climáticas: guia de Informação.** Brasília, 2002.

HAITES, E. **Estimating the market potential for the clean development mechanism:** review of models and lessons learned. Washington DC, 2004. 102 p. Disponível em: <<http://carbonfinance.org/docs/EstimatingMarketPotential.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2004.

HESS, G.; MARQUES, J. L. M.; PAES, L. C. M. R.; PUCCINI, A. L. **Engenharia econômica.** São Paulo: DIFEL. 265 p. 1985.

HOEN, H.; SOLBERG, B. Potencial and economic efficiency of carbon sequestration in Forest biomass through silvicultural management. **Forest Science**, v. 40, n. 3, p. 429- 451, 1994.

KLOCK, H.; MUNIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da Madeira.** UFPR, 2005. 81p.

KREUZ, C. L.; BAÚ, N. Análise da rentabilidade do cultivo de pinus (*Pinus taeda*) na região de Caçador, SC. In... **Agropecuária Catarinense**. v.14, n. 2, p. 8-10, jul, 2001

LECOCQ, F. **State and trends of carbon market.** Washington DC, 2004.42p. Disponível em: <<http://carbonfinance.org/docs/CarbonMarketStudy2004.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2004.

LIMA JÚNIOR, V. B. **Determinação da taxa de desconto para uso na avaliação de projetos de investimentos florestais**. 1995. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

OLIVEIRA NETO, S. N. et al. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.15-23, 2003

ORTIZ, R. Costa Rican secondary Forest: an economic option for joint implementation initiatives to reduce atmospheric CO₂. Draft paper presented for inclusion in the Beijer Seminar in Punta Leona. Costa Rica, 1997. 19 p.

PANDEY, D. N. Carbon sequestration in agroforestry systems. **Climate Policy**, Volume 2, Issue 4, 2002, p 367-377.

PARÁ. Secretaria de Estado de Agricultura do Estado do Pará – SAGRI. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** - LSPA/2003 a 2009. Elaboração e Sistematização: IBGE-GCEA- SAGRI/GEEMA: Disponível: <http://www.sagri.pa.gov.br/?q=node/125.html>. Acesso em:06 Set 2010.

_____. Gerência Executiva de Estatística e Mercado agrícola (GEEMA), **Levantamento de preço da Produção Agrícola**: Disponível: <http://www.sagri.pa.gov.br/?q=node/136>. Acesso em: 29 Mar 2011.

RAMÍREZ, O.; GÓMEZ, M.; SHULTZ, S. Valuing the contribution of plantation forestry to the national accounts of Costa Rica from the ecological economics perspective. Costa Rica: Beijer Research Seminar, 1997. 28 p.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Avaliação de projetos florestais** Viçosa: UFV, 1993. 47p.

_____; _____. REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Problemas com o horizonte de planejamento na avaliação de projetos florestais. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p. 127-134, 2000.

_____; _____. OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 389 p.

ROCHA, M. T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. 2003. 196f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Piracicaba, 2003.

SANTOS, M. J.; RODRIGUEZ L. C. E.; WANDELLI, E. V. Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. **Scientia Forestalis**, n.62, p. 48-61, 2002.

SEBRAE - MG. **Plano de negócios**: manual do aprendiz. Minas Gerais, 2002. 146p.

SEYE, O.; CORTEZ, L. A. B.; GÓMEZ, E. O. Estudo cinético da biomassa a partir de resultados termogravimétricos. In: **Anais...** Campinas: AGRENER, 2000.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2002.178 p.

SIQUEIRA, A. B. **Organização e financiamento de projeto florestal associativo**. 2003. 136 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

SOUZA, A; KREUZ, C. L; MOTTA C. S. Análise de empreendimentos florestais (pinus) como alternativa de renda para o produtor rural na região dos Campos de Palmas. **Revista de administração da UFLA**. v. 6, n.1, p.8-21, 2004.

WISE, R.; CACHO, O. Tree-crop interactions and their environmental and economic implications in the presence of carbon-sequestration payments. **Environmental Modelling & Software**, v.20, n.9, p.1139-1148, 2005.

ANEXOS

Anexo 1

	C 186	ICM	C 215	ICM	F 186	ICM	F 215	ICM	RP 186	ICM	RP 215	ICM
Idad Ano												
1	44,6	-	69,2	-	90,0	-	97,0	-	42,4	-	42,6	-
2	121,4	76,8	200,6	131,4	158,4	68,4	270,8	173,8	171,8	129,4	184,2	141,6
3	389,6	268,2	345,8	145,2	763,0	604,6	675,4	404,6	539,8	368	490,8	306,6
4	666,4	276,8	873,6	527,8	1507,4	744,4	1458,4	783,0	1206,8	667	1053,8	563,0
5	977,3	310,9	905,8	32,2	1714,9	207,5	1493,8	35,4	1243,5	36,7	1076,2	722,4
6	1240,5	263,2	987,4	81,6	2154,2	439,3	1851,4	357,6	1553,4	309,9	1337,6	261,4
7	1559,0	318,5	1086,6	99,2	2541,8	387,6	2107,4	256,0	1778,4	225,0	1518,4	180,8
Med	714,1	-	638,4	-	1275,7	-	1136,3	-	933,7	-	814,80	-
%ms	8,72	-	7,80	-	15,59	-	13,88	-	11,41	-	9,95	-

Idade Ano	RS 186	ICM	RS 215	ICM	TOT 186	ICM	TOT 215	ICM	TOTAL
1	17,6	-	35,2	-	194,6	-	244	-	438,6
2	34,0	16,4	83,0	47,8	485,6	291	738,6	494,6	1224,2
3	331,8	297,8	407,6	324,6	2024,2	1538,6	1919,6	1181,0	3943,8
4	1733,4	1351,6	1634,6	1227,0	5114	3089,8	5020,4	3100,8	10134,4
5	2072,0	338,6	1666,8	32,2	6007,7	893,7	5042,6	22,2	11150,3
6	2681,9	609,9	2123,6	456,8	7630	1622,3	6300	1257,4	13930
7	3364,4	682,5	2518,8	395,2	9243,6	1613,6	7231,2	931,2	16474,8
MED	1462,2	-	1209,9	-	4385,7	-	3785,2	-	8.185,1
% MS	17,87	-	14,78	-	53,58	-	46,42	-	100%

TOT.

PLAN

57.297,1

Estimativa das quantidades de massa seca no caule, ramos primários, secundários, folhas e incremento de massa seca kg ha^{-1} em cupuaçuzeiros em função da idade. (icm: incremento, c: caule, f: folha, rp: ramos primários e rs: ramos secundários)

Anexo 2

Idade ano	C 186	ICM	C 215	ICM	F 186	ICM	F 215	ICM	R.P 186	ICM	RP 215	ICM
1	1,65	-	5,51	-	3,33	-	3,59	-	1,58	-	1,58	-
2	5,51	3,86	7,43	1,92	5,86	2,53	10,05	6,49	6,36	4,78	6,83	5,25
3	14,43	8,92	12,79	5,36	28,20	22,34	24,99	14,94	19,99	13,63	18,20	11,37
4	24,71	10,28	32,37	19,58	55,87	27,67	53,91	28,92	44,71	38,35	39,00	20,8
5	36,13	11,42	34,83	2,46	63,37	7,5	55,33	1,42	46,05	1,34	39,86	0,86
6	45,85	9,72	36,56	6,73	79,59	16,22	68,58	13,25	57,52	11,47	49,54	9,68
7	57,58	11,72	40,22	3,66	93,83	14,24	78,12	9,54	65,85	8,33	56,24	6,7
Media	26,55	-	24,24	-	47,15	-	42,08	-	34,58	-	30,18	-
% C	8,74	-	7,98	-	15,52	-	13,86	-	11,39	-	9,94	-

Idade ano	RS 186	ICM	RS 215	ICM	TOTA L 186	ICM	TOT 215	ICM	TOTAL
1	0,65	-	1,30	-	7,21	-	11,98	-	19,19
2	1,26	0,61	3,07	1,77	18,99	11,78	27,38	15,4	46,37
3	12,28	11,02	15,07	12,00	74,9	55,91	71,05	43,67	145,95
4	64,15	51,87	60,54	45,47	189,44	114,54	185,82	114,77	375,26
5	76,69	12,54	61,69	1,05	222,24	32,8	191,71	0,89	413,95
6	99,26	22,57	78,59	1,69	282,22	59,98	233,27	46,56	515,49
7	124,52	25,56	93,20	14,6	341,78	59,56	267,78	34,51	609,56
Média	54,11	-	44,78	-	162,39	-	141,28	-	303,67
% C	17,82	-	14,75	-	53,48	-	46,52	-	100
TOTAL PLANT									2.120,31

Estimativa das quantidades de carbono no caule, ramos primários, secundários, folhas e incremento de carbono kg ha⁻¹ em cupuaçuzeiros em função da idade (icm: incremento, c: caule, f: folha, rp: ramos primários e rs: ramos secundários)

Anexo 3

Mls	FRUTO	N	P	K	Ca	Mg	MS	C
186	CASCA	21,49	4,68	21,83	3,63	2,08	2551,12	94,44
	POLPA	18,38	1,61	16,33	1,44	1,2	1153,01	42,57
	SEMENTE	13,61	2,83	5,04	1,53	1,39	676,99	24,85
	TOTAL	53,48	9,12	43,2	6,6	4,67	4381,12	161,86
215	CASCA	32,81	2,56	16,92	2,55	1,58	2050,45	75,97
	POLPA	13,19	1,46	12,55	1,01	0,93	1016,42	37,57
	SEMENTE	20,38	3,68	6,72	1,76	1,84	1023,92	37,59
	TOTAL	66,38	7,7	36,19	5,32	4,35	4090,79	151,13

Exportação de macronutrientes no fruto do cupuaçuzeiro, bem como a quantidade estocada de massa seca e carbono em kg ha⁻¹ (ms: massa seca, c: carbono)

Anexo 4

IDADE	PMI 186	ICM	PMI 215	ICM	TOTAL/ANO/MS
1	194,6	-	244,07	-	438,6
2	485,6	291,2	738,6	494,73	1224,2
3	2024,2	1538	1919,6	1180,9	3944,8
4	5114	3090	5020,4	3100,7	10134,4
5	6007,7	893,7	5042,6	22,26	11150,3
6	7630	1622	6300	1257,4	13930
7	9243,6	1613	7231,2	931,17	16474,8
TOTAL	4.385,67		3.785,21		8.170,88

Massa seca total da parte aérea nos órgãos (caule, ramos primários, ramos secundários e folhas) e incremento de massa seca total kg ha^{-1} em cupuaçuzeiros em função da idade. (icm: incremento, ms: massa seca e pmi: progênie meio irmão))

Anexo 5

IDADE	PMI 186	ICM	PMI 215	ICM	TOTAL/ANO/C
1	7,21		9,03		16,24
2	17,99	10,8	27,38	18,34	45,36
3	74,9	56,9	71,05	43,68	145,95
4	189,44	115	185,82	114,8	375,26
5	222,24	32,8	186,71	0,89	408,95
6	282,22	60	233,27	46,56	515,49
7	341,78	59,6	267,78	34,51	609,56
TOTAL	162,25		140,15		302,4

Estoque total de carbono da parte aérea nos órgãos (caule, ramos primários, ramos secundários e folhas) e incremento de carbono kg ha^{-1} em cupuaçuzeiros em função da idade (icm: incremento, pmi: progênie meio irmão).

Anexo 6

PMI	Fruto	N	P	K	Ca
186	Casca	8,42	1,83	8,56	1,42
	Polpa	15,95	1,4	14,16	1,25
	Semente	20,12	4,19	7,45	2,25
	Total	14,83	2,47	10,05	1,64
215	Casca	16,03	1,25	8,25	1,25
	Polpa	12,99	1,44	12,33	0,99
	Semente	19,9	3,59	6,54	1,71
	Total	16,3	2,09	9,04	1,31

Fruto	Mg	C
Casca	0,79	37,03
Polpa	0,97	36,93
Semente	1,92	36,71
Total	1,22	110,67

PMI	Mg
186	1,15
215	1,3
Total	1,22

Teores de macronutrientes nos frutos na interação clone x órgão, teores de Mg e C nos órgãos e Mg nos clones de cupuaçuzeiro em g kg⁻¹ (pmi: progênie meio irmão).

Anexo 7

Idad Ano	ICM C 186		ICM C 215		ICM F 186		ICM F 215		ICM RP 186		ICM RP 215		ICMRS 186		ICM RS 215	
1	-	%	-	%	-	%	-	%	-	%	-	%	-	%	-	%
2	76,8	5,1	131,4	12,9	68,4	2,8	173,8	8,6	129,4	7,5	141,6	6,5	16,4	0,5	47,8	1,9
3	268,2	17,7	145,2	14,3	604,6	24,7	404,6	20,1	368	21,2	306,6	14,1	298	9,0	324,6	13,1
4	276,8	18,3	527,8	51,9	744,4	30,4	783	39,0	667	38,4	563	25,9	1352	41,0	1227	49,4
5	310,9	20,5	32,2	3,2	207,5	8,5	35,4	1,8	36,7	2,1	722,4	33,2	339	10,3	32,2	1,3
6	263,2	17,4	81,6	8,0	439,3	17,9	357,6	17,8	309,9	17,9	261,4	12,0	610	18,5	456,8	18,4
7	318,5	21,0	99,2	9,8	387,6	15,8	256	12,7	225	13,0	180,8	8,3	683	20,7	395,2	15,9
TOT	1514,4	100	1017,4	100,0	2451,8	100,0	2010,4	100,0	1736	100,0	2175,8	100	3297	100,0	2483,6	100

Idade Ano	ICM C 186	%	ICM C 215	%	ICM F 186	%	ICM F 215	%	ICM RP 186	%	ICM RP 215	%	ICM RS 186	%	ICM RS 215	%
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	3,86	6,9	1,92	4,8	2,53	2,8	6,49	8,7	4,78	6,1	5,25	9,6	0,61	0,5	1,77	2,3
3	8,92	16,0	5,36	13,5	22,34	24,7	14,94	20,0	13,6	17,5	11,37	20,8	11,02	8,9	12	15,7
4	10,28	18,4	19,58	49,3	27,67	30,6	28,92	38,8	38,4	49,2	20,8	38,1	51,87	41,8	45,47	59,4
5	11,42	20,4	2,46	6,2	7,5	8,3	1,42	1,9	1,34	1,7	0,86	1,6	12,54	10,1	1,05	1,4
6	9,72	17,4	6,73	17,0	16,22	17,9	13,25	17,8	11,5	14,7	9,68	17,7	22,57	18,1	1,69	2,2
7	11,72	21,0	3,66	9,2	14,24	15,7	9,54	12,8	8,33	10,7	6,7	12,3	25,56	20,6	14,6	19,1
TOT	55,92	100,0	39,71	100,0	90,5	100,0	74,56	100,0	77,9	100,0	54,66	100,0	124,17	100,0	76,58	100,0

Estimativa dos incrementos de massa seca e carbono no caule, ramos primários, ramos secundários e folhas em kg ha⁻¹ no cupuaçuzeiros em função da idade (icm: incremento, c: caule, f: folha, rp: ramos primários e rs: ramos secundários)