



**CENTRO UNIVERSITÁRIO VILA VELHA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE  
ECOSSISTEMAS**

**APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS DO USO DO CRÉDITO DE  
CARBONO EM PLANTAÇÕES DE *Carica papaya* L. PARA  
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

**FÁBIO BITTI LEAL**

**VILA VELHA  
MARÇO DE 2011**



**CENTRO UNIVERSITÁRIO VILA VELHA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS**

*Dissertação de Mestrado*

**APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS DO USO DO CRÉDITO DE  
CARBONO EM PLANTAÇÕES DE *Carica papaya* L. PARA  
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

**FÁBIO BITTI LEAL**

Dissertação apresentada ao Centro Universitário Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

**Orientador:**  
**Prof. Dr. Alessandro Coutinho Ramos (UVV)**

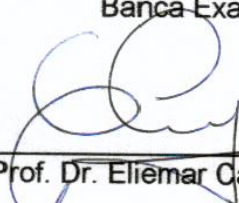
**CENTRO UNIVERSITÁRIO VILA VELHA (UVV)**  
**VILA VELHA**  
**MARÇO DE 2011**

**APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS DO USO DO CRÉDITO DE  
CARBONO EM PLANTAÇÕES DE *Carica papaya* L. PARA  
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**


**FÁBIO BITTI LEAL**

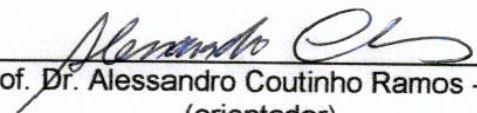
Aprovada em 31 de março de 2011,

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Eliemar Campostrini - UENF

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Leonardo de Barros Dobbss - UUV

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Zilma Maria de Almeida Cruz - UUV

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alessandro Coutinho Ramos - UUV  
(orientador)

**Agradeço a D'us por ter me criado e dado inteligência para distinguir o dia da noite;**

**À FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo;**

**A meu pai (*in memorian*) e a minha mãe que sempre acreditaram em mim, mesmo nas horas mais difíceis da minha vida;**

**Ao Prof. Dr. Alessandro Coutinho Ramos pela orientação e apoio;**

**Ao Prof. Dr. Eliemar Campostrini pela contribuição e apoio;**

**À Caliman Agropecuária pela contribuição;**

**Ao meu sobrinho, Diego Perini Pinto pelo apoio.**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>03</b>
2.1 O CICLO DO CARBONO E O EFEITO ESTUFA.....	03
2.2 O PROCESSO DA FOTOSSÍNTESE.....	06
2.2.1 Fase fotoquímica da fotossíntese.....	09
2.2.2 Fase bioquímica da fotossíntese.....	16
2.2.3 Metabolismo do tipo C <sub>3</sub> .....	17
2.2.4 Fotorrespiração.....	21
2.3 ESPÉCIE ESTUDADA.....	23
2.3.1 Descrição botânica e aspectos fisiológicos do mamoeiro.....	23
2.3.2 Importância socioeconômica da planta estudada.....	27
2.3.3 Custo de formação X manutenção do “stand”.....	29
2.3.4 Aspectos gerais de produção.....	31
2.4 METODOLOGIAS UTILIZADAS NA QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO.....	32
2.4.1 Métodos diretos.....	32
2.4.2 Métodos indiretos.....	33

2.4.3	<b>Conversão do carbono em biomassa</b> .....	34
2.5	CRÉDITOS DE CARBONO – CONSIDERAÇÕES JURÍDICAS E TRIBUTÁRIAS.....	35
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>39</b>
3.1	OBJETIVO GERAL.....	39
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>40</b>
4.1	LOCALIZAÇÃO, CLIMA E SOLO.....	40
4.2	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO, PREPARO E COLETA DE DADOS.....	43
4.2.1	<b>Medição das trocas gasosas</b> .....	44
4.2.1	<b>Cálculo da área foliar</b> .....	46
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>49</b>
5.1	AVALIAÇÕES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS RELACIONADAS AO CRESCIMENTO.....	49
5.2	CÁLCULO DAS ÁREAS FOLIARES E ESTIMATIVAS DOS CRÉDITOS DE CARBONO PRODUZIDOS.....	56
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>64</b>

## LISTA DE FIGURAS

01	Representação esquemática do Efeito Estufa mostrando-se a dificuldade da passagem das ondas longas refletidas pela superfície e pela atmosfera terrestre .....	04
02	Distribuição da fotossíntese no planeta Terra (em terra - quanto mais verde, mais vegetação; nos corpos d'água - quanto mais intensa a cor, mais clorofila).....	07
03	Resumo da fotossíntese. (a) fase foto bioquímica (reações de luz); (b) fase bioquímica ou fixação de CO <sub>2</sub> .....	08
04	Corte transversal de uma folha mostrando a distribuição dos tecidos, dando-se especial destaque a distribuição e a estrutura dos cloroplastos nas células.....	10
05	A estrutura do cloroplasto de uma célula vegetal.....	11
06	Organização dos fotossistemas nos tilacóides. FII nos grana dos tilacóides. FI e Complexo ATP sintetase nos tilacóides do estroma e partes externas dos grana.....	13
07	Representação da absorção da luz pelo Complexo antena-pigmento. Diagrama simplificado do transporte de elétrons na fotossíntese.....	15
08	Conexão simplificada entre a fase fotoquímica e a bioquímica da fotossíntese em plantas C <sub>3</sub> .....	17
09	Seção transversal de folha de trigo – Planta C <sub>3</sub> ( <i>Triticum aestivum</i> ) onde não se observa um arranjo ordenado das células do mesófilo em torno da camada de células da bainha vascular.....	18
10	Representação esquemática da Carboxilação da Ribulose bifosfato produzindo duas moléculas de 3PGA.....	19
11	Esquema simplificado da fotorespiração demonstrando as fases em suas respectivas organelas.....	22
12	A cultura do mamoeiro destacando-se a produtividade, a intensidade de tratos culturais, a disposição das folhas e dos frutos..	24

13	Folha palminervea com várias nervuras principais surgindo da base do limbo.....	25
14	Evolução das Exportações de mamão em volume (10t) e em receita (10.000 US\$) entre os anos 1989 – 2003.....	28
15	Localização do Município de Sooretama no mapa do Espírito Santo.....	40
16	Estrutura montada para a aferição das trocas gasosas de plantas inteiras crescidas em condições de campo de Mamoeiro “Golden” cultivado na Fazenda Caliman.....	45
17	Recortes no limbo da folha do mamoeiro que alcançam mais da metade do limbo (palmatipartida) e com várias nervuras que partem de um mesmo local.....	47
18	Nervura central da folha do mamoeiro.....	48
19	Temperaturas foliares de plantas do Genótipo “Golden” cultivadas sob condições de campo na Caliman Agropecuária.....	53
20	Valores médios da transpiração diária de plantas do Genótipo “Golden” cultivadas sob condições de campo na Caliman Agropecuária em quatro dias de experimento. Erro padrão indicado por barras verticais, com n = 30.....	55



## LISTA DE TABELAS

01	Total de gramas de CO <sub>2</sub> fixadas/m <sup>2</sup> de área foliar/h e quantidade perdida de litros de água/m <sup>2</sup> de área foliar/h nas plantas inteiras do mamoeiro “Golden”, cultivadas em condições de campo na Caliman Agropecuária, em Sooretama/ES.....	51
02	Resultados encontrados na assimilação de CO <sub>2</sub> (g/dia/planta) e no total transpirado pelas plantas (L de água/dia/planta) inteiras do mamoeiro “Golden”, cultivadas em condições de campo na Caliman Agropecuária, em Sooretama/ES.....	52
03	Temperaturas máxima, média e mínima (°C) nas copas das plantas inteiras do mamoeiro “Golden”, cultivadas em condições de campo na Caliman Agropecuária, em Sooretama/ES, em 4 dias de ensaio, nos dois tratamentos (planta com balão e sem balão).....	54
04	Médias das medidas das nervuras centrais das folhas (4 <sup>a</sup> e 5 <sup>a</sup> maduras) e das áreas foliares de mamoeiros com diferentes idades, na Caliman Agropecuária – Sooretama/ES.....	57
05	Demonstração de prováveis valores de receitas com Créditos de Carbono que poderiam ser alcançadas nas áreas de produção de mamão na Caliman Agropecuária em Sooretama/ES.....	61

## LISTA DE QUADROS

01	Potencial de aquecimento global dos Gases de Efeito Estufa (GEE).....	04
02	Percentuais das atividades responsáveis pelos Gases intensificadores do Efeito Estufa no mundo.....	05
03	Classificação Científica do mamão.....	23
04	Ranking dos países maiores produtores de mamão 1993 – 2005.....	28
05	Volume de mamão comercializado na CEAGESP – SP (2005 – 2008) em toneladas.....	29
06	Expectativa de custos de formação e produção de lavoura de mamão nos três anos de produção a ser implantado em Pinheiros – ES.....	30
07	Histórico de temperaturas máximas e mínimas do Município de Sooretama (2000 – 2009) fornecido pelo banco de dados agro-climatológicos – INCAPER.....	41
08	Histórico de pluviosidade do Município de Sooretama (2000 – 2009) fornecido pelo banco de dados agro-climatológicos – INCAPER.....	42

## LISTA DE SÍMBOLOS

DAP	Diâmetro na altura do peito
E	Transpiração
$E_0$	Evapotranspiração de referência
FS	Fotossistema
FB	Fotossíntese Bruta
FL	Fotossíntese Líquida
FFF	Fluxo de Fótons Fotossintéticos
GEE	Gases de Efeito Estufa
Gt	Gigatonelada
KDa	Kilodalton
MS	Matéria Seca
$P_a$	Pressão atmosférica
R	Respiração
RCE	Reduções Certificadas de Emissões
$T_{ar}$	Temperatura do ar
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima

## RESUMO

Leal, F B (2011); M. Sc. **Aplicações e Perspectivas do Uso do Crédito de Carbono em Plantações de *Carica papaya* L. para a Conservação da Biodiversidade**; Orientador: Prof. Dr. Alessandro Coutinho Ramos (U.V.V.); Co-orientador: Prof. Dr. Eliemar Campostrini (UENF).

No mundo globalizado atual, o agricultor pode descapitalizar-se por desconhecer as exigências impostas pelo mercado globalizado. O proprietário precisa saber o que e como plantar para otimizar o uso de seu capital. Este trabalho propôs-se verificar entre plantas de mamão (*Carica papaya* L.), cultivar Golden, a época do ano mais eficiente para a captação de CO<sub>2</sub> atmosférico, que resultaria numa maior produção de biomassa e conseqüentemente, um maior número de créditos de carbono, para desenvolver uma reflexão científica, ambiental, social e econômica de Desenvolvimento Sustentável. Utilizou-se o Método de Pesquisa Indutivo, fazendo-se uma contextualização do conceito de Efeito Estufa, Fotossíntese, Desenvolvimento Sustentável, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Aspectos Jurídicos e Contábeis dos Créditos de Carbono e o reconhecimento de uma provável Metodologia para a estimativa da quantidade de CO<sub>2</sub> fixada, testada na cultura de mamão (*Carica papaya* L.), com o intuito de agregar valores à mesma, procurando-se demonstrar que se utilizando melhor nossas áreas destinadas para agricultura, pode-se gerar maior lucratividade nas atividades e indicar uma aplicação prática de sustentabilidade. A venda de créditos de carbono gerados por atividades não reguladas (sem obrigação de diminuir emissões), como a agricultura, é prevista na proposta americana e é um instrumento similar ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto. Este trabalho busca demonstrar a quantificação do processo da fotossíntese e a possível aplicação desses resultados no desenvolvimento sustentável na cultura do mamoeiro, agregando a ela tecnologia, levando-se em consideração, além do fator econômico, aqueles de caráter social e ecológico, bem como as vantagens e as desvantagens surgidas a curto, a médio e em longo prazo.

**Palavras chaves:** fotossíntese, biomassa, desenvolvimento sustentável, lucratividade e Protocolo de Kyoto.

## ABSTRACT

Leal, F B (2011); M. Sc. **Applications and Prospects of the Use of Carbon Credits in Plantations of Papaya for the Conservation of Biodiversity**; Adviser: Prof. Dr. Alessandro Ramos Coutinho (U.V.V.)

In today's globalized world, the farmer may decapitalize themselves for ignoring the requirements of the global market. He needs to know how and what to plant to optimize the use of their capital. This work proposed to occur between plants of papaya (*Carica papaya* L.), Golden cultivar, the season for more efficient uptake of atmospheric CO<sub>2</sub>, which would lead to increased biomass production and consequently a greater number of carbon credits for develop a scientific reflection, environment, social and economic sustainable development. We used the inductive method of research, becoming a contextualization of the concept of the Greenhouse Effect, Photosynthesis, Development, Clean Development Mechanism, Accounting and Legal Aspects of Carbon Credits and the recognition of a possible methodology for estimating the amount of CO<sub>2</sub> fixed, tested in a culture of papaya (*Carica papaya* L.), in order to add value to it, seeking to demonstrate that using our best areas designated for agriculture, we can generate greater profits in the activities and give a practical application of sustainability. The sale of carbon credits generated by non-regulated activities (without obligation to reduce emissions), such as agriculture, is provided in the American proposal and is an instrument similar to the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol. This paper aims to demonstrate the quantification of the process of photosynthesis and the possible application of the results on sustainable development in papaya crop, adding to it technology, taking into consideration the economic factor, those of a social and ecological as well as the advantages and drawbacks encountered in the short, medium and long term.

Key words: photosynthesis, biomass, sustainable development, profitability and the Kyoto Protocol.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se que a intensificação do aquecimento global acarretou grandes mudanças no planeta. Relaciona-se tal fato, entre vários fatores, ao aumento da concentração de gases de Efeito Estufa promovido pelas atividades antrópicas (Santos, 2005). Acredita-se que poderão acontecer efeitos devastadores ao ambiente, caso os mecanismos produtivos continuem inalterados (queima de combustíveis fósseis, queimadas e desmatamentos, etc.) (IPCC, 1992) e com isso, produzindo-se uma concentração crescente de Gases de Efeito Estufa (GEE). É essencial que a concentração dos GEE seja estabilizada a níveis considerados não perigosos, procurando-se encontrar novas técnicas produtivas, para que haja a substituição e a otimização das existentes, e conseqüentemente, trocando-se hábitos e procurando-se utilizar os recursos naturais de maneira correta.

Segundo Catalisa (2010), o desenvolvimento sustentável é “um modelo econômico, político, social, cultural e ambientalmente equilibrado, que satisfaz as necessidades das gerações atuais, sem comprometer a satisfação das gerações futuras”. Dadas as características como a extensão territorial, as condições de insolação e a precipitação, ao mecanismo fotossintético de suas plantas, aos solos de fácil manuseio, salvas as particularidades regionais, o Brasil reúne condições adequadas para a implantação do MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) e pode beneficiar-se dos insumos financeiros produzidos por tal mecanismo, recuperando áreas degradadas. As práticas agrícolas modernas, como o plantio direto, a rotação de culturas e a agricultura de precisão, também podem credenciar o setor a vender créditos de carbono, no mercado internacional.

Em 1992, na convenção mundial Rio-92, assinou-se a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (UNFCCC ou Convenção) que entrou em vigor a partir de 1994. Na terceira reunião anual dos países (Partes), em 1997, foi criado o Protocolo de Kyoto em que as Partes do Anexo I (países industrializados, membros da Convenção) assumiram metas de redução de Gases de Efeito Estufa (GEE) durante o período compreendido entre 2008-2012. Tais metas deveriam produzir uma redução de 5,5% abaixo das emissões totais de dióxido de carbono em

1990. Nesse momento, surgiu aí uma oportunidade para os países em desenvolvimento que anseiam por condições melhores para as suas populações, pois se sabe que existe uma evidente relação entre um maior desenvolvimento econômico (industrialização) e a emissão de GEE (BNDES, 1999). Nos países industriais, a redução de tais emissões em suas bases territoriais é cara (no Japão os custos chegam a US\$ 584,00/ tonelada de carbono, na Comunidade Européia a US\$ 273,00 e nos EUA a US\$ 186,00) (Rocha, 2003), criando-se a possibilidade da redução ser feita por outros países onde a mesma aconteceria a um menor valor. Assim, o Protocolo de Kyoto estabeleceu maneiras das Partes Anexo I alcançarem as metas estabelecidas na primeira fase do compromisso (Mecanismos de Flexibilização) criando-se uma maneira que permitiria a participação dos países em desenvolvimento em tal processo, o MDL (Santos, 2005).

Caso as prerrogativas do MDL não sejam alcançadas, pela proposta americana, as empresas poderiam comprar créditos gerados por atividades não reguladas (sem obrigação de diminuir emissões) como a agricultura e pelo desmatamento evitado nas florestas tropicais para cumprirem parte de suas metas (Gonçalves, 2010).

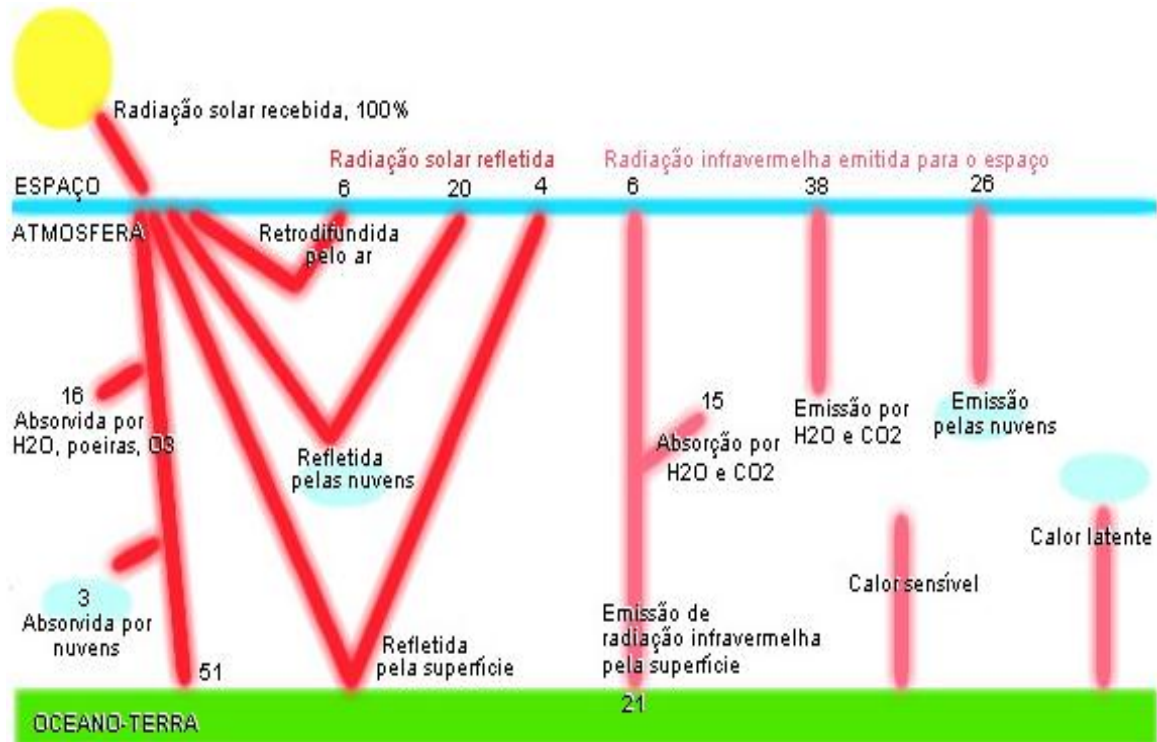
Assim, ao serem preservados, os recursos naturais podem gerar receitas e indicarem uma aplicação prática do conceito de desenvolvimento sustentável. Este trabalho busca demonstrar a quantificação do processo da fotossíntese e a possível aplicação dos resultados no desenvolvimento sustentável na cultura do mamoeiro, agregando a ela tecnologia, levando-se em consideração, além do fator econômico, aqueles de caráter social e ecológico, bem como as vantagens e os inconvenientes surgidos a curto, a médio e em longo prazo.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 O CICLO DO CARBONO E O EFEITO ESTUFA

O Efeito Estufa (**Figura 01**) pode ser explicado como a capacidade que a atmosfera terrestre apresenta de possibilitar a passagem das ondas curtas originadas do Sol, mas que dificulta a passagem das ondas longas emitidas pela superfície terrestre e pela atmosfera, ocasionando uma elevação de temperatura no planeta. Da radiação emitida pela superfície terrestre, cerca de 90% é absorvida pela atmosfera, que irradia cerca de 80% de novo para o solo. ([www.geocities.com/RainForest/Jungle/3434/problemas/estufa.htm](http://www.geocities.com/RainForest/Jungle/3434/problemas/estufa.htm)). Deste modo, a atmosfera atua como uma cobertura ou como o vidro de uma estufa, criando-se então o chamado Efeito Estufa. Caso tal fenômeno não existisse, a temperatura da Terra provavelmente seria em torno de -18 °C. Sendo assim, conclui-se que o mesmo seja benéfico, pois cria condições que permitem a existência de vida na Terra, desde que não ocorra uma intensificação deste efeito (Campos, 2007).





**Figura 01.** Representação esquemática do Efeito Estufa mostrando-se a dificuldade da passagem de ondas longas refletidas pela superfície e pela atmosfera terrestre.

Fonte: <http://dlgazzoni.sites.uol.com.br/pagina12.htm>.

No **Quadro 01**, citam-se os principais gases responsáveis pelo aquecimento do Efeito Estufa, assim como os potenciais de aquecimento.

**Quadro 01.** Potencial de aquecimento global dos Gases de Efeito Estufa (GEE):

FÓRMULA	NOME	POTENCIAL DE AQUECIMENTO
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono	01
CH <sub>4</sub>	Metano	21
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso	250/310
HFCs	Hidrofluorcarbonetos	140 ~ 11700
PFCs	Perfluorcarbonetos	6500 ~ 9200
SF <sub>6</sub>	Hexofluoreto de Enxofre	23900

Fonte: Campos (2007).

Por convenção, o CO<sub>2</sub> equivalente é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas do GEE pelo seu potencial de aquecimento global, sendo o potencial de aquecimento global do CO<sub>2</sub> estipulado como 1. Comparando-se os dados acima, pode-se concluir que uma tonelada de metano reduzida corresponde a 21 créditos de carbono (Santos, 2005).

A intensificação do Efeito Estufa, após a Revolução Industrial, aconteceu pelo desequilíbrio bioquímico na atmosfera terrestre, principalmente nos fluxos, nos processos e nos reservatórios do Ciclo do Carbono, pela emissão aleatória dos gases citados acima (IPCC, 1992). O Ciclo do Carbono é a principal forma pela qual o meio ambiente faz transferências e armazenamentos energéticos desta substância na natureza.

Várias são as formas de produção de CO<sub>2</sub> (queimadas, decomposição de matéria orgânica, uso de combustíveis fósseis, respiração, etc.) podendo o mesmo ser encontrado em reservatórios na terra, nos oceanos e na atmosfera (**Quadro 02**).

**Quadro 02.** Percentuais das atividades responsáveis pelos Gases Intensificadores do Efeito Estufa no mundo.

<b>ATIVIDADES</b>	<b>PORCENTAGENS (%)</b>
<b>Comércio</b>	5,0
<b>Indústria</b>	21,0
<b>Residências</b>	7,0
<b>Transporte</b>	31,0
<b>Utilitários (carros)</b>	35,0

Fonte <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leituras/estufa.htm>

Quando o homem não exerce uma influência antropogênica no ciclo do carbono, pode-se encontra-lo em três reservatórios ou "stocks": o terrestre (20.000

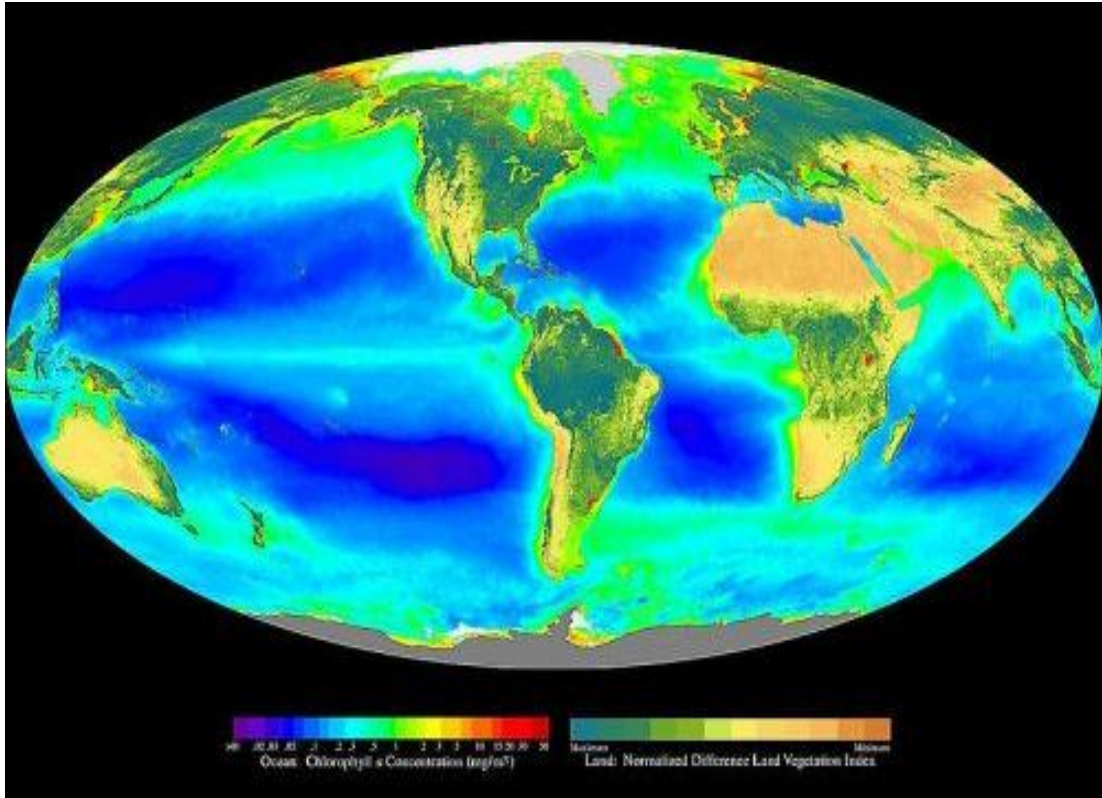
Gt), o da atmosfera (750 Gt) e o dos oceanos (40.000 Gt) (Campos, 2007). Pequenas alterações neles podem produzir grandes efeitos na atmosfera. Este ciclo desempenha um papel importante nos fluxos de carbono entre os diversos “stocks”, pelos processos da fotossíntese e da respiração.

Para que não exerçamos tal influência, as políticas governamentais deverão desenvolver um planejamento em longo prazo para que se evite a exaustão dos recursos naturais. A importância de tal fato, segundo Gaudard (2006), seria que os ciclos biogeoquímicos são os mecanismos existentes em nosso planeta que tornam possível à vida, pois é dessa maneira que ela é iniciada e a partir desses processos que pode ser reciclada.

## 2.2 O PROCESSO FOTOSSINTÉTICO

Segundo Odum (1983), “define-se a produtividade primária de um sistema ecológico como a taxa na qual a energia radiante é convertida, pela atividade fotossintética e quimiossintética de organismos produtores. Entende-se por fotossíntese, o processo pelo qual há conversão de energia luminosa em energia química, resultando na produção de carboidratos a partir do dióxido de carbono e água, na presença da molécula de clorofila. Na **Figura 02**, faz-se uma ilustração da ocorrência do processo fotossíntese no planeta Terra.

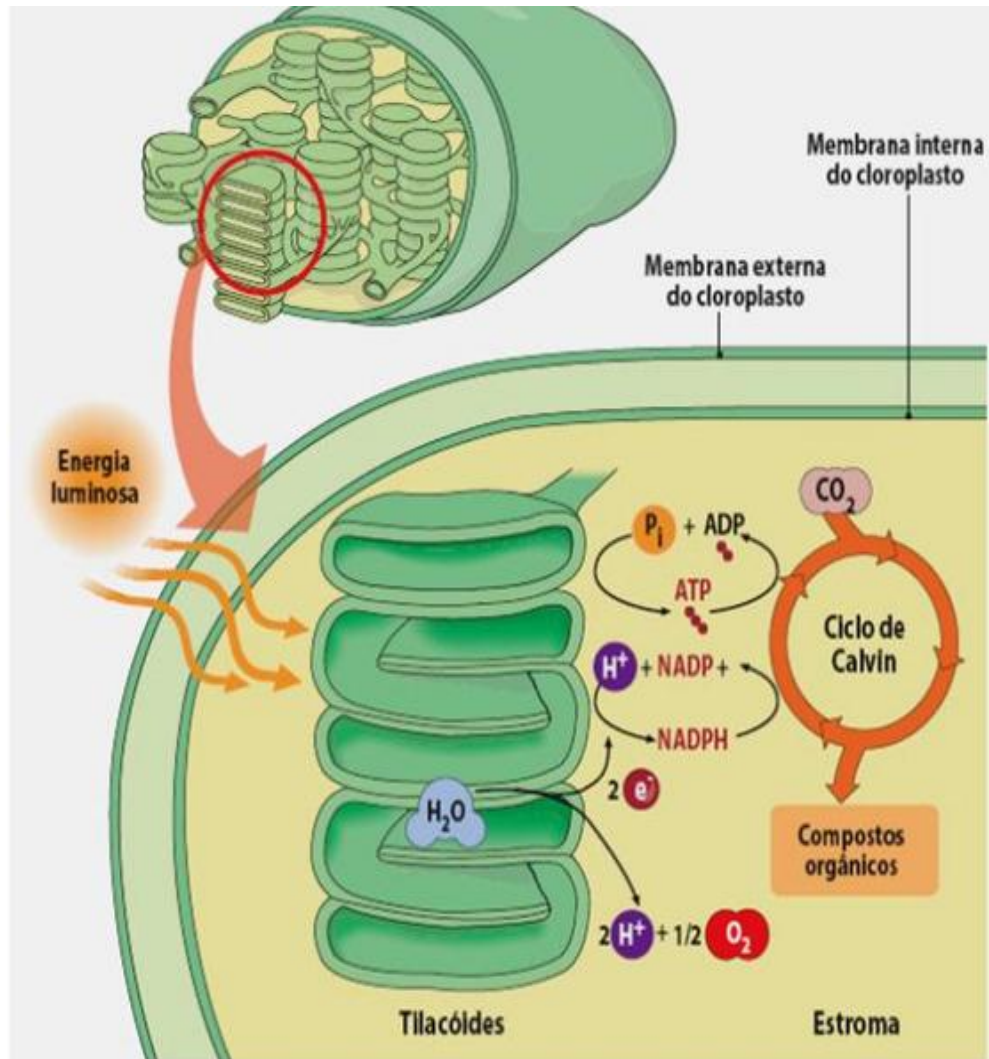
A energia química pode ser capturada em duas formas: como ATP e como “força reduzida” – NADPH. Essa energia é então usada para fazer a fixação do CO<sub>2</sub>. Segundo Castro et al. (2005), a fotossíntese envolve dois processos; a oxidação de H<sub>2</sub>O em O<sub>2</sub>, mediada pela luz, com a produção de ATP e a redução do CO<sub>2</sub> em moléculas orgânicas, onde o ATP é utilizado. Os carboidratos serão a fonte comum de energia para o metabolismo das plantas e para o processo de absorção de nutrientes, no caso de mecanismo ativo (Raven et al. , 1999).



**Figura 02.** Representação da fotossíntese no planeta Terra (em terra - quanto mais verde, mais vegetação; nos corpos d'água - quanto mais intensa a cor, mais clorofila).

FONTE: [http://scienceblogs.com.br/brontosaurus/2010/01/fotossintese\\_uma\\_introducao\\_i.php](http://scienceblogs.com.br/brontosaurus/2010/01/fotossintese_uma_introducao_i.php)

A quantificação do processo fotossintético pode ser feita pela absorção ou pela liberação de um dos gases envolvidos ( $O_2$  ou  $CO_2$ ), por meio do processo de trocas gasosas (**Figura 03**). Todavia, a fotossíntese deve ser medida apenas na presença de luz e, neste caso, como Fotossíntese Bruta (FB - total de energia ou  $CO_2$  fixado), normalmente, maior do que a respiração – R – que pode ser quantificada medindo-se a absorção de  $CO_2$  ou a liberação de  $O_2$  (Castro et al., 2009) (**Figura 04**).



**Figura 03.** Resumo da fotossíntese. (a) fase fotoquímica (reações de luz); (b) fase bioquímica ou fixação de  $\text{CO}_2$ .

FONTE: Zuffellato-Ribas (2010).

Segundo Parsons et al (1983), as folhas mais novas e maduras, apesar de representarem uma menor porcentagem da área foliar, respondem pela maior parte da porcentagem da fotossíntese realizada por uma planta. Ao ser atingido o número máximo de folhas vivas numa planta, passa a existir um equilíbrio entre a taxa de surgimento e a senescência das folhas, pois o número máximo de folhas vivas é uma constante genotípica (Davies, 1988). Em plantas em crescimento, o balanço

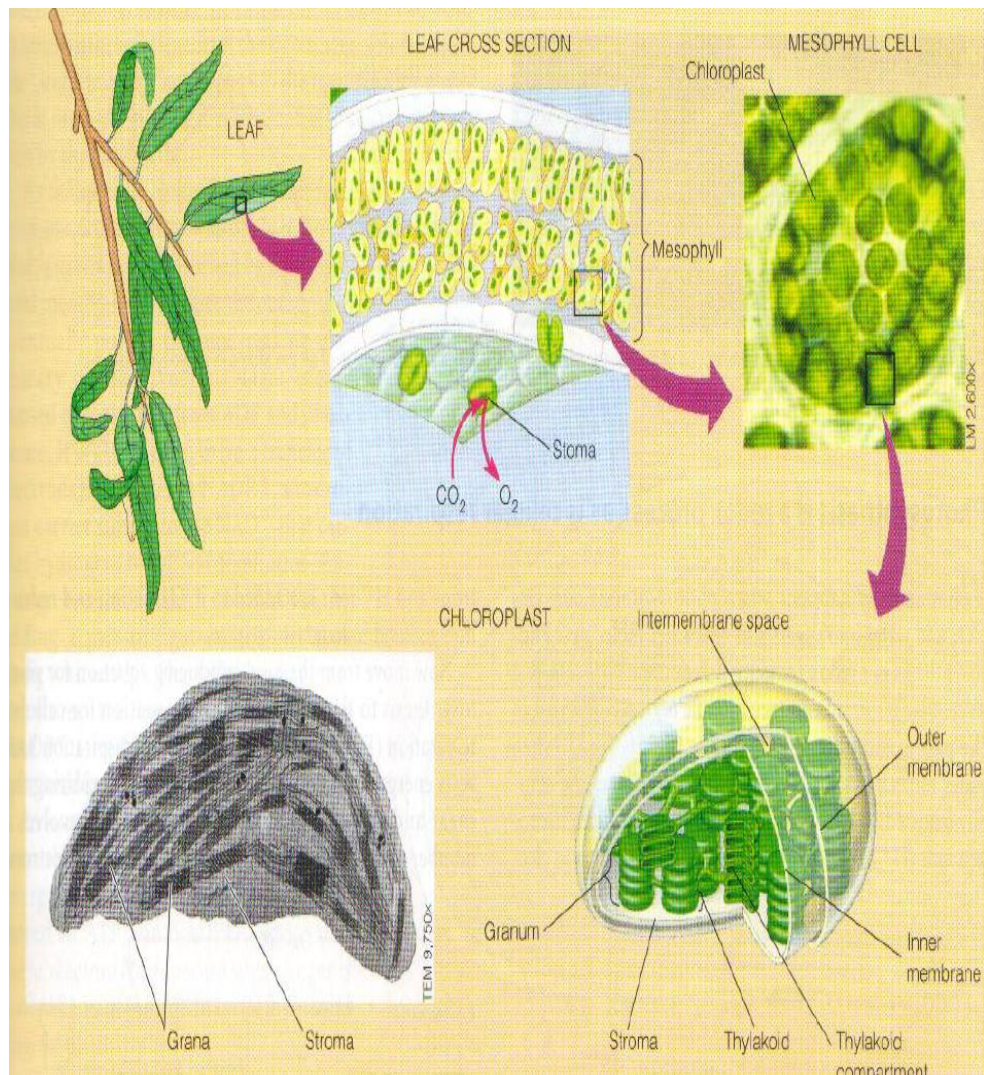
entre a fotossíntese e a respiração não deve ser nulo, devendo a primeira exceder a segunda para que ocorra o crescimento do vegetal.

A diferença entre FB e R chama-se de fotossíntese líquida (FL). Então:  $FL = FB - R$ . Observa-se que a FB é aparente (não real), pois a taxa de respiração no escuro não é idêntica à verificada na luz. Na presença de luz, o processo chamado de Fotorrespiração promove uma considerável liberação (perda) de  $CO_2$  e consumo de  $O_2$ . Tal processo ocorre apenas em tecidos verdes em condições de altos níveis de luminosidade e temperatura. Esse processo pode reduzir em até 50 a 60% a FL. Se a FL cai à zero, então  $FB = R$  e será chamado neste ponto - Irradiância de Compensação de Luz - significando a compensação da fotossíntese pela respiração (Raven et al., 1999).

“Durante as horas de escuridão e em células não fotossintetizantes (como células de raiz), a energia é suprida pela respiração, usando-se como substrato os compostos de carbono produzidos pelas células verdes na parte sintética da fotossíntese” (Castro et al., 2009).

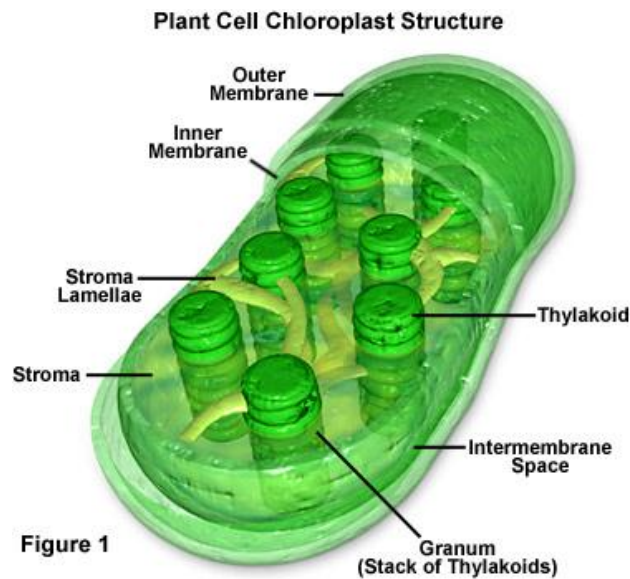
## 2.2.1 Fase fotoquímica da fotossíntese

Em plantas superiores, o tecido de maior atividade fotossintética é o mesófilo (Raven et al., 1999), por conter as organelas conhecidas como cloroplastos, que “são envolvidas por duas membranas separadas, constituídas por duas camadas de lipídios, sendo conhecidas como envelope”, cita Castro et al. (2005). As membranas, organizadas sob a forma de moedas empilhadas, são denominadas de tilacóides (**Figura 04**), dentro das quais se localizam as moléculas de clorofilas, responsáveis pelas reações da fase fotoquímica da fotossíntese. Quando associados entre si, os tilacóides formam pilhas conhecidas como grana lamellae (ou simplesmente grana) (**Figura 05**), sendo que cada unidade é denominada por granum. A parte não associado em pilhas é o estroma lamelar. Quando o conjunto de membranas encontra-se mergulhado em um fluido gelatinoso, preenchendo o cloroplasto, o fluido é chamado de estroma (líquido gelatinoso), onde se localizam enzimas, DNA, pequenos ribossomos e amido. As moléculas de clorofila localizadas nos tilacóides e reunidas em grupo formam estruturas chamadas de “complexos de antena” ou “antena” (Castro et al, 2009).



**Figura 04.** Corte transversal de uma folha mostrando a distribuição dos tecidos e organelas, com especial destaque a distribuição e a estrutura deles nas células.

Fonte: Taiz & Zeiger (2008).



**Figura 05.** A estrutura do cloroplasto de uma célula de vegetal.

Fonte: Taiz & Zeiger (2008).

A existência de vários pigmentos (moléculas que desenvolveram a capacidade de absorver comprimento de onda na região da luz visível nas células fotossintetizantes) permite aos vegetais aproveitar a energia luminosa ao longo, praticamente, de toda a região da luz visível (do azul – 460 nm ao vermelho - 740 nm). Geralmente, as células vegetais possuem dois tipos de clorofila: a e b. Alguns elétrons das moléculas de clorofila, ao serem atingidos por luz de cor azul e vermelha, absorvem energia, passando a orbitais mais elevados, excitando as moléculas. Tais moléculas excitadas são instáveis e o elétron, ao retornar à órbita de origem – estado fundamental – libera a energia que absorveu do fóton, sob a forma de luz. Este fenômeno é conhecido como fluorescência da clorofila. A determinação da fluorescência da clorofila poderá estimar a eficiência fotoquímica potencial do Fotossistema (Raven et al., 1999).

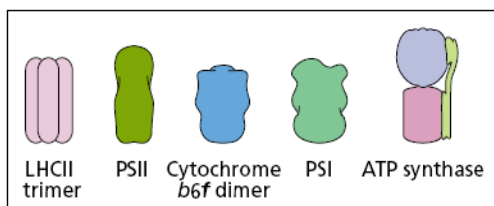
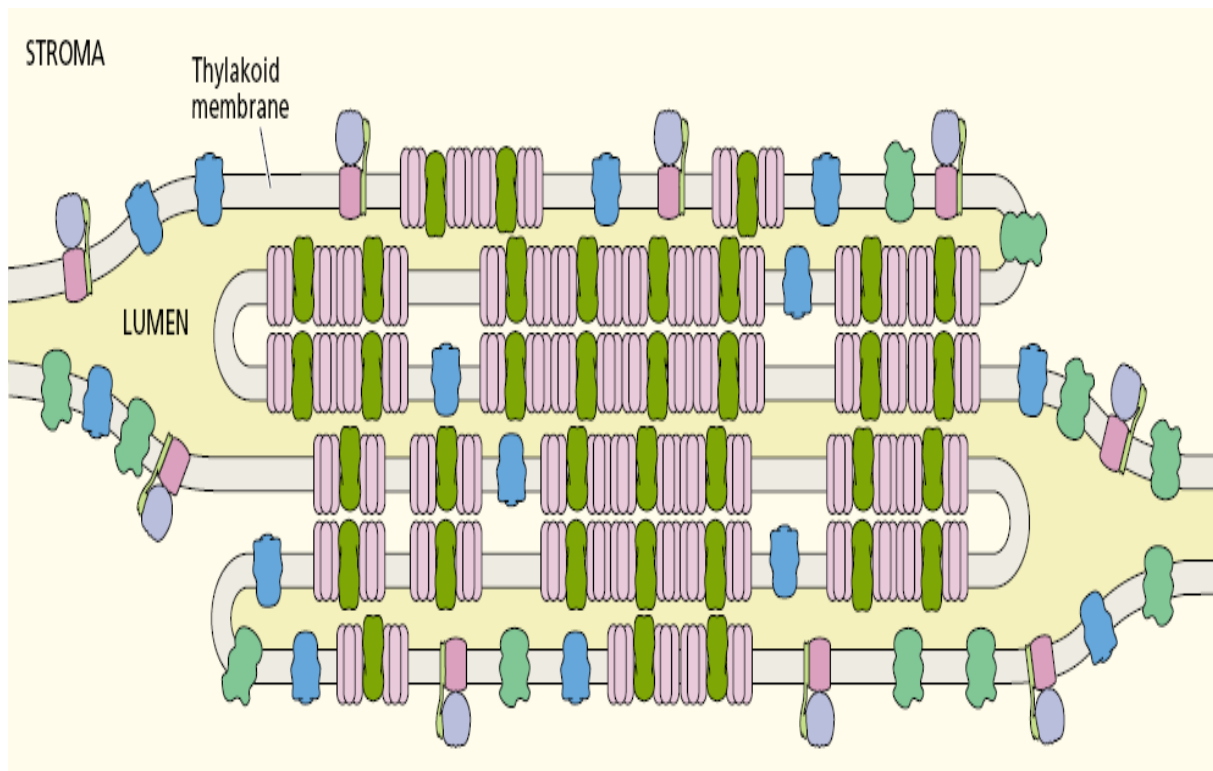
As substâncias fluorescentes ao absorverem radiação do ultravioleta emitem-na quase instantaneamente, contudo, devido à perda de parte da energia, a radiação emitida tem um comprimento de onda superior à radiação absorvida, situada na zona do visível. No caso da molécula de clorofila a radiação emitida é a verde, daí a fluorescência conferir esta cor a este pigmento. A clorofila, assim como os outros pigmentos, pode absorver fótons. Nesse caso, as cores correspondentes



aos comprimentos de onda absorvidos desaparecem do espectro eletromagnético visível, mas a energia não pode desaparecer. Quando a clorofila é exposta à radiação de luz visível, a cor azul e a vermelha são as mais fortemente absorvidas, enquanto que a verde é transmitida, o que lhe dá a cor característica. Quando a configuração eletrônica da molécula de pigmento ocupa seus orbitais mais estáveis (“normais” ou característicos), considera-se que esteja no seu estado fundamental. Se algum dos elétrons da molécula absorver a energia de um fóton excitante, ele será elevado para outra região orbital, produzindo uma nova configuração eletrônica, denominado estado excitado. Os únicos fótons absorvidos são aqueles cujas energias são exatamente iguais à diferença de energia entre o estado fundamental e o estado excitado. Tal diferença varia de um tipo de átomo ou molécula para outro. Portanto, um composto específico absorve somente fótons correspondentes a determinados comprimentos de onda, o que explica o fato de cada pigmento ter um único espectro de absorção (Pitt-Bradford, 2009).

Ao ser excitado, o elétron relaxa, inicialmente, ao menor nível de excitação, emitindo radiação infravermelha, isto é, calor. Após isso, seu retorno ao estado fundamental, pode ocorrer por três processos: a) perda de calor; b) emissão de um fóton (fluorescência) ou c) transferência por ressonância - quando a energia é transferida para uma molécula adjacente, onde ocorrerá a excitação de outro elétron, sendo conhecido como transferência por ressonância. Esse é o mecanismo pelo qual a energia coletada pelas moléculas de pigmento (Os pigmentos envolvidos na fotossíntese são as clorofilas *a* e *b*, os carotenóides e as ficobilinas - a clorofila *b*, os carotenóides e as ficobilinas constituem os chamados pigmentos acessórios) é canalizada ao centro de reação. Nas membranas dos cloroplastos, os pigmentos estão dispostos em unidades conhecidas como fotossistemas (Raven et al., 1999). Fotossistema (FS) é o arranjo das moléculas de clorofila e dos outros pigmentos embutidos nas tilacóides (**Figura 06**). A maioria dos procariontes tem apenas um fotossistema, o FSII. Os eucariontes têm o FSI e o FSII. O FSI usa a clorofila *a* na forma referida como P700. O FSII usa a forma da clorofila *a* conhecida como P680. Em que cada qual é formado por 50 a 1000 moléculas de clorofila - mais os pigmentos acessórios (Castro et al., 2009) - resultando em dois componentes ligados intimamente: um centro de reação (complexo proteína-pigmento) e uma antena (clorofilas, carotenóides e ficobilinas).

Existem dois centros de reação, um absorvendo em 680 nm – FSII (encontrado nas tilacóides, procedendo à oxidação da água), e outro em 700nm – FSI (encontrado na membrana interna do cloroplasto, em contato com o estroma), os quais interagem entre si por meio de transportadores de elétrons. É a partir da molécula de clorofila, o qual absorve em 680nm, que os elétrons oriundos da água são transferidos para a cadeia transportadora de elétrons da fotossíntese.



**Figura 06.** Organização dos fotossistemas nos tilacóides. FII nos grana dos tilacóides. FI e Complexo ATP sintetase nos tilacóides do estroma e partes externas dos grana.

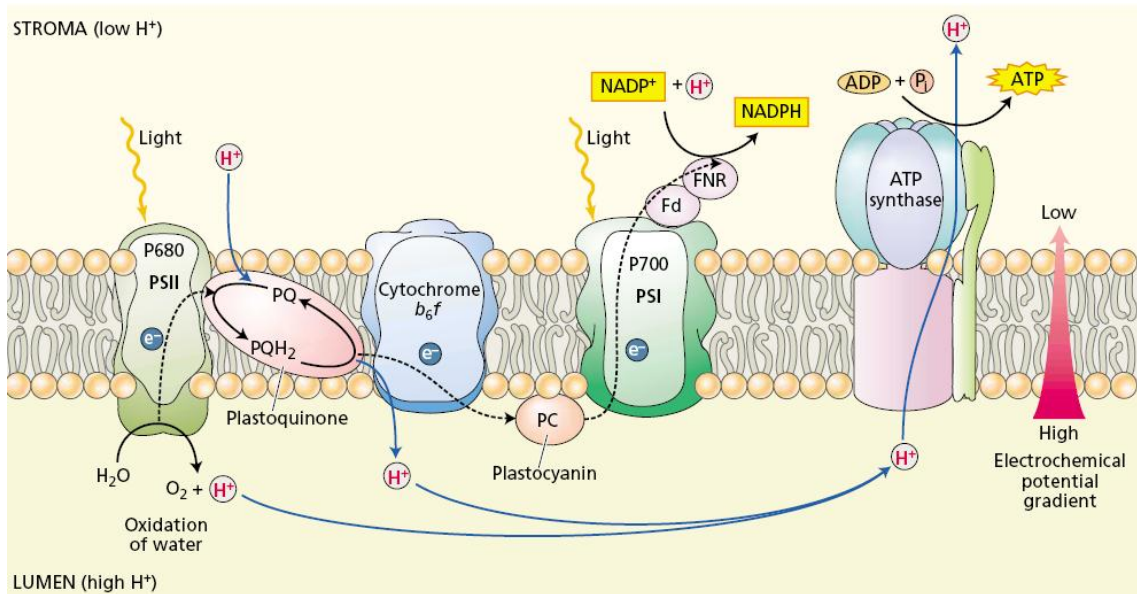
Fonte: Taiz & Zeiger (2002).

Por meio da **Figura 07**, observa-se que a absorção da luz, no processo da fotossíntese, inicia-se no FSII por um complexo antena-pigmento que ocasionando a excitação do P680 (P680 é uma forma especial de clorofila que absorve a luz num comprimento de onda de 680nm) faz ocorrer uma reação fotoquímica (ejeção do elétron de alta energia). O P680 oxidado é um potente agente oxidante, apresentando uma grande capacidade em extrair elétrons da água.

Transferidos da água, os elétrons são utilizados para oxidar o P680 por meio de um complexo protéico-manganês localizado próximo ao espaço tilacóide (também conhecido como espaço intra-tilacóide ou lúmen). “Para cada molécula de água quebrada, dois íons  $H^+$  são liberados neste espaço (contribuindo para ao gradiente de prótons) e dois elétrons são liberados” (Castro et al., 2005).

Após o P680 ser ativado, ocorrerá uma transferência de elétrons através de outros carregadores para a plastoquinona (PQ). A PQ é um carregador de hidrogênio e, tendo recebido dois elétrons, pega dois prótons do estroma ( $2 H^+$ ) transformando-se em PQH<sub>2</sub>. Logo após, a PQH<sub>2</sub> doará dois elétrons ao complexo citocromo e lança os  $2 H^+$  no lúmen (Castro et al., 2005). Os elétrons do citocromo f, serão, então, transferidos para plastocianina (PC), uma proteína que contém cobre, a qual pode mover-se a curta distância ao longo da superfície da membrana do FSI. O doador primário de elétron no PSI, o P700, aceita os elétrons da PC quando ele estiver energizado pela luz absorvida pela antena associada. P700 transfere elétrons para Ferredoxina (Fd), uma proteína que contém ferro, localizada no lado estroma. A Fd, por sua vez, reduz  $NADP^+$  via uma enzima redutase (NADP redutase), produzindo o NADPH (Castro et al., 2005).

Os fotossistemas podem funcionar simultaneamente, entretanto, o P700 pode funcionar independentemente (Raven et al, 1999).



**Figura 07.** Representação da absorção da luz pelo Complexo antena-pigmento. Diagrama simplificado do transporte de elétrons na fotossíntese.

Fonte: Taiz & Zeiger (2002).

A energia liberada, pelo retorno do elétron ao seu orbital original, é captada por moléculas, para posterior utilização na síntese de ATP e  $\text{NADPH}_2$  da fase bioquímica (<http://www.simbiotica.org/fotossintese.htm>). As sínteses de ATP e  $\text{NADPH}_2$  necessitam de dois tipos de reações:

- Fotofosforilação cíclica – nesta reação, apenas a clorofila a P700 intervém, o fotossistema I. Ao receber luz, as moléculas se excitam, fazendo com que os elétrons saiam delas (ao invés de passarem a orbitais mais elevados), deixando-as oxidadas. Os elétrons excitados são captados pela ferredoxina (uma proteína que contém ferro) e transmitidos às outras (flavina, citocromos e vitamina K) que formam uma cadeia transportadora de elétrons. Ao passar pela cadeia transportadora, tais elétrons liberam gradualmente a energia, permitindo a produção da energia química, armazenada sob a forma de ATP ( $\text{ADP} + \text{P inorgânico}$ ). Ao perder toda a energia, o elétron volta ao orbital fundamental e a molécula de clorofila volta ao seu estado reduzido (não

excitada). Tal ciclo acontece toda vez que a molécula de clorofila for atingida por um fóton e quando a quantidade de  $\text{NADPH}_2$  for reduzida. Como este tipo de clorofila não permite que haja a oxidação da água, não haverá produção de  $\text{O}_2$ , de NADPH e ocorrendo apenas, a produção de ATP (Castro et al., 2005).

- Fotofosforilação não cíclica – nesta, ambos os tipos de clorofila atuam, e, portanto, ambos os fotossistemas também. Ao incidir sobre a molécula P680, o fóton a excitará, ocorrendo à ativação de elétron que será captado por um receptor, a plastoquinona. Desta, o elétron passa à outra cadeia transportadora de elétrons perdendo energia que será utilizada na síntese de ATP, a partir de  $\text{ADP} + \text{P}$  inorgânica. Aqui, a última molécula da mesma, será uma P700 oxidada que ao receber o elétron, ficará reduzida. Essa, ao receber um novo estímulo por um fóton de energia, voltará a perder seu elétron excitado, que será passado à ferredoxina e dela para o NADP, que passará à sua forma reduzida,  $\text{NADPH}_2$  (<http://www.simbiotica.org/fotossintese.htm>).

Observa-se que os elétrons que saem da clorofila b não retornam (por isto o nome – fosforilação não cíclica). Deverão ser repostos pela água que funcionará como o ponto de partida do fluxo. O oxigênio, ao ser produzido pela oxidação da água, é liberado para a atmosfera e os elétrons irão repor àqueles perdidos pela P680, durante a fosforilação não cíclica, regressando à sua forma reduzida (<http://www.simbiotica.org/fotossintese.htm>).

### 2.2.2 Fase bioquímica da fotossíntese

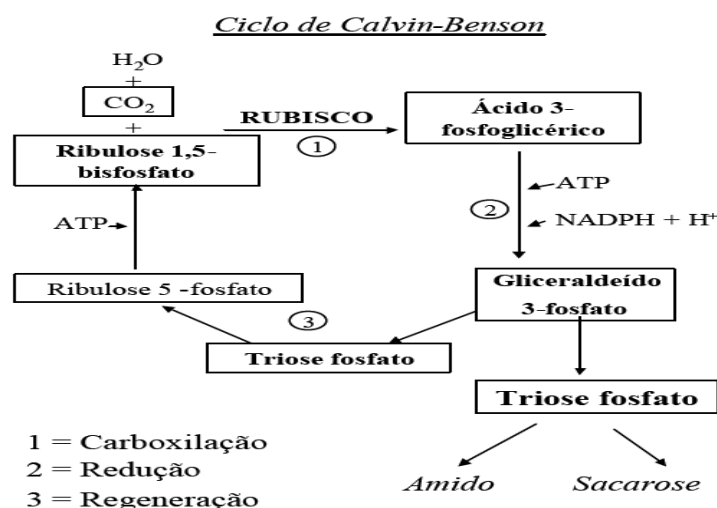
“A cada ano, mais de 250 bilhões de toneladas de açúcar são produzidas no mundo, pelos organismos fotossintetizantes” (Raven et al, 1996). Tal produção acontece em função da energia luminosa absorvida pela clorofila, originando o transporte de elétrons (conversão da energia luminosa em energia elétrica), o qual por sua vez gera energia química, que se acumula nas moléculas de ATP e NADPH – poder assimilatório ou poder redutor, sendo utilizado nas etapas seguintes da

fotossíntese, representada pela assimilação do carbono, ligando o  $\text{CO}_2$  em um aceptor, reduzindo-o assim a  $\text{CH}_2\text{O}$  (carboidrato) (Castro et al., 2005).

Segundo Raven et al, (1996), existem três formas de assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  pelas plantas clorofiladas, sendo classificadas por este motivo em plantas  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  e CAM. Presume-se que as  $\text{C}_4$  e as CAM derivaram-se das  $\text{C}_3$  e surgiram no final do Cretáceo em função de um drástico declínio da concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico (Castro et al., 2005). Existe aqui uma separação espacial das duas enzimas carboxilativas e uma cooperação metabólica entre os dois tipos de células especializadas.

### 2.2.3 Metabolismo do tipo $\text{C}_3$

São as chamadas plantas que fixam o  $\text{CO}_2$  pelo Ciclo de Calvin ou Ciclo Fotossintético Redutivo do Carbono, que possui como o primeiro produto estável um composto de três carbonos 3-PGA – Ácido 3-Fosfoglicérico (Castro et al., 2005) (**Figura 08**). Esse ciclo assemelha-se ao ciclo de Krebs por renovar, ao final de cada ciclo, o composto inicial. Na figura abaixo, observa-se a interação entre as fases da fotossíntese. Na **Figura 09**, observa-se o corte transversal de uma folha de Planta  $\text{C}_3$  (trigo).



**Figura 08.** Conexão simplificada entre a fase fotoquímica e a bioquímica da fotossíntese em plantas  $\text{C}_3$ .

Fonte: Castro et al. (2005).



**Figura 09.** Seção transversal de folha de trigo – Planta  $C_3$  (*Triticum aestivum*) onde não se observa um arranjo ordenado das células do mesofilo em torno da camada de células da bainha vascular.

Fonte: Raven et al. (1999).

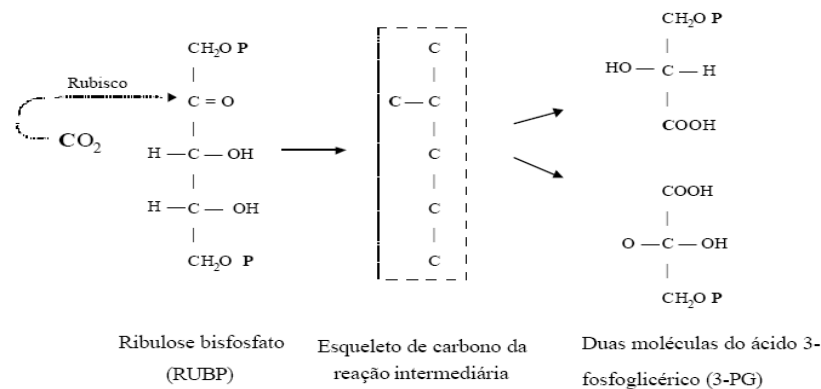
Nestas plantas, a fixação do Carbono ocorre em quatro fases:

- Fase de carboxilação – catalisada pela enzima Rubisco – Ribulose 1,5 bifosfato (carboxilase – oxigenase);
- Fase de redução – onde se utiliza o NADPH +  $H^+$  e ATP;
- Fase de regeneração do aceptor de  $CO_2$ ;
- Fase de síntese de produtos.

- A Carboxilação

Mostra-se na figura abaixo (**Figura 10**), a fase enzimática, na qual o  $CO_2$  será adicionado ao açúcar de 5 carbonos (Ribulose 1,5 bifosfato) formando duas moléculas de ácido fosfoglicérico (3-PGA), sendo esta reação catalisada pela enzima ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco). Seis voltas do ciclo

introduzem seis (6) átomos de carbono, que são necessários para produzir um açúcar de 6 carbonos.



**Figura 10.** Representação esquemática da Carboxilação da Ribulose bifosfato produzindo duas moléculas de 3PGA.

Fonte: Castro et al. (2005)

A enzima Rubisco é muito abundante (quase 50% da proteína total das folhas) sendo considerada a enzima mais numerosa nas plantas (Kluge, 2009). É uma proteína oligomérica, composta por oito subunidades maiores e oito menores (56 KDa e 14 KDa respectivamente). Tal enzima, além de atuar como carboxilase, também pode atuar como oxigenase. Ao atuar desta maneira, combina-se com o oxigênio e produz uma molécula de PGA e uma de fosfoglicolato. A este processo, dá-se o nome de fotorrespiração (Raven et al., 1999).

O gene o qual codifica as subunidades grandes está localizado no DNA dos Cloroplastos, enquanto o que codifica as pequenas está localizado no DNA do núcleo. “Os cloroplastos surgem a partir de pró-plastídeos, que contém seu próprio DNA e se autoduplicam”. Assim, o padrão mendeliano normal de herança não se aplica aos genes codificadores de cloroplastos, porque a descendência recebe cloroplastos só de um de seus genitores. “Os pró-plastídeos são transmitidos por meio do citoplasma do óvulo e raramente por meio do grão de pólen” (Castro et al., 2005).



- Fase de Redução

O 3-PGA formado na fase anterior é convertido (reduzido) num açúcar de três carbonos (Triose-P). Para isso acontecer, utiliza-se a energia do poder redutor do NADPH<sub>2</sub> e ATP. Essa reação acontece em duas etapas, em que na primeira fase, chamada de fosforilação, adiciona-se um P do ATP, e a seguir, reduzindo-se com NADPH<sub>2</sub>. O poder redutor adquirido é utilizado para transformar o grupo ácido do PGA em grupo aldeído da triose-P, sendo o ATP utilizado para suprir energia (Raven et al, 1999).

Uma vez reduzida ao nível de três carbonos (triose-P) é necessário regenerar a molécula inicial aceptora de CO<sub>2</sub> para que a fixação dele continue indefinidamente (fase de regeneração) e aconteça a transformação da triose-P em outros compostos mais complexos (outros carboidratos, gorduras, aminoácidos e etc.) (Raven et al, 1999).

- Fase de Regeneração

A RuBP é a molécula aceptora inicial do CO<sub>2</sub>, devendo ser regenerada para reações posteriores de fixação que envolvam açúcares fosfatados com 3, 4, 5, 6 e 7 carbonos (Castro et al., 2005).

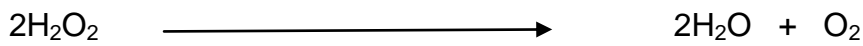
- Fase de Síntese

Embora se apresente a glicose como o principal produto da fotossíntese, a maior parte do carbono fixado é convertido preferencialmente em sacarose, que é o principal açúcar de transporte das plantas, ou em amido, o principal carboidrato de reserva. À noite, a sacarose é produzida na planta, a partir do amido, para ser exportada da folha (Raven et al., 1996). Considera-se que os produtos finais da fotossíntese sejam açúcares e outros carboidratos. Entretanto, também se tem admitido a síntese de gorduras, ácidos graxos, aminoácidos e ácidos orgânicos (Castro et al., 2005).

### 2.2.4 Fotorrespiração

É uma perda de CO<sub>2</sub> adicional à respiração mitocondrial, que ocorre na presença de luz (Castro et al., 2005). O oxigênio molecular (O<sub>2</sub>) e o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) competem pela mesma enzima e pelo mesmo substrato (Ribulose 1,5 bifosfato). Este processo envolve a cooperação de três organelas: cloroplasto, peroxissoma e mitocôndria (Raven et al., 1996). Inicia-se nos cloroplastos com a oxidação da RuBP pelo oxigênio. Os dois produtos resultantes serão: ácido fosfoglicérico (3C) e ácido fosfoglicólico (2C). O fosfoglicolato transforma-se em glicolato que sai do cloroplasto e ingressa no peroxissoma para se transformar em glioxilato e peróxido de hidrogênio (Castro et al., 2005). Formado pela quebra oxidativa da RuBP, atuando a enzima Rubisco que fixou o CO<sub>2</sub> em PGA, na via C<sub>3</sub> (**Figura 11**).

Pela ação da catalase, o peróxido de hidrogênio formado, será degradado em:

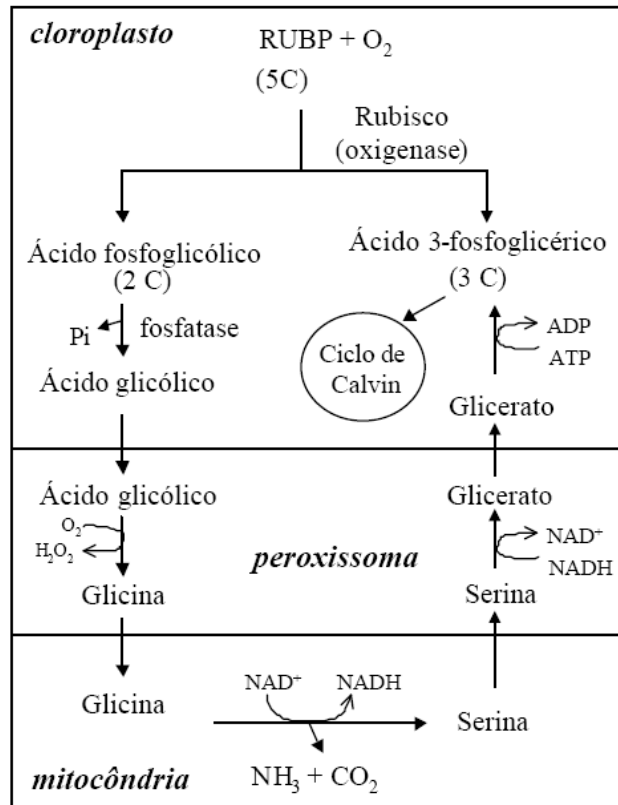


Por transaminação, o glioxilato será convertido em glicina, que será transportada até uma molécula de mitocôndria, onde duas glicinas serão convertidas em uma serina e uma molécula de CO<sub>2</sub>, sendo esta a fonte do mesmo, liberado pela fotorrespiração (Castro et al., 2005). A serina transforma-se em PGA, por reações que envolvem a perda de um grupo amino. O PGA converte-se em RuBP e em amido.



Pelo processo da fotorrespiração, conserva-se aproximadamente  $\frac{3}{4}$  dos Carbonos da RuBP que reagem com o CO<sub>2</sub>. Baixos níveis de CO<sub>2</sub> inibem a fotossíntese e ocorre um incremento da mesma quando ocorrem baixos níveis de

oxigênio. Quando a concentração de  $\text{CO}_2$  é alta, a RuBP liga o  $\text{CO}_2$  a RuBP para produzir 3-PGA.



**Figura 11.** Esquema simplificado da fotorrespiração demonstrando as fases em suas respectivas organelas.

Fonte: Castro et al. (2005)

Para que ocorra a fotorrespiração é necessária a presença de luz pelos seguintes motivos:

- 1- A formação da RuBP ocorre mais rápida na presença de luz, necessitando de ATP produzido na fase fotoquímica;
- 2- A liberação do oxigênio, a partir da molécula de  $\text{H}_2\text{O}$ , requer luz;
- 3- A enzima Rubisco é ativada pela luz e inativada pelo escuro

## 2.3 A ESPÉCIE ESTUDADA

### 2.3.1 Descrição botânica e aspectos fisiológicos do mamoeiro (*Carica papaya* L.)

O mamoeiro, o vegetal escolhido para este estudo, possui a seguinte classificação científica demonstrada no **Quadro 03**:

**Quadro 03.** Classificação científica do mamão.

CLASSIFICAÇÃO CIENTÍFICA DO MAMÃO - <i>Carica papaya</i> L.	
Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Brassicales
Família	Caricaceae
Gênero	<i>Carica</i>
Espécie	<i>C papaya</i>

Comercialmente, cultiva-se o mamoeiro (*Carica papaya* L.) pertencente à família Caricaceae, que possui cinco gêneros e 31 espécies: *Carica* (21 espécies), *Jacaratia* (6 espécies), *Cylicomorpha* (2 espécies), *Jarilla* (1 espécie) e *Horovitzia* (1 espécie) (Dantas et al., 2010) em regiões localizadas entre as latitudes 23° Norte e Sul, e chegando até a 32 ° N e S (Chan, 2009). Possui como provável origem, uma região situada entre o noroeste da América do Sul e o sul do México (América Central) (SEAGRI, 2009). Na **Figura 12** mostra-se o cultivo econômico de mamão, na Fazenda Caliman, em Sooretama, destacando-se a alta produtividade e os tratamentos culturais.



**Figura 12.** A cultura do mamoeiro destacando-se a produtividade, a intensidade de tratos culturais e a disposição das folhas e dos frutos.

O mamoeiro é uma planta herbácea, com sua altura variando entre 2 – 10 m, e com o ciclo de vida de até 20 anos (Campostrini & Glenn, 2007). O sistema radicular pivotante é bem desenvolvido, possui raízes brancas dispostas superficialmente em sua maioria (aproximadamente 30 cm), caule único, fibro-esponjoso, terminando por uma coroa de folhas em capitel, dispostas alternadamente, palminerveas (várias nervuras principais saindo da base do limbo (Vidal & Vidal, 2003)), com pecíolo longo (25 – 100 cm), oco, frágil. **(Figura 13)**. A taxa de surgimento de novas folhas encontra-se entre 1,5 a 4 folhas/semana, sendo a duração das mesmas variáveis entre 2,5 a 8 meses e está condicionada às condições hídricas e ao clima da região (Australian Government, 2008). Suas flores podem ser masculinas, femininas e hermafroditas (em indivíduos distintos), branco-amareladas a amareladas, com ovário de forma arredondada a alongado (cilíndrico). A planta feminina apresenta flores com pedúnculo curto e grande ovário globoso; a planta masculina apresenta inflorescências com longos pedúnculos, dos quais brotam um conjunto de flores masculinas, alongadas, que podem produzir frutos

deformados, conhecidos como mamão-macho ou mamão-de-corda. A planta hermafrodita apresenta flores alongadas, com cerca de 10 cm de pedúnculo, que não dependem da polinização de outra planta para frutificar (SEAGRI, 2009).



**Figura 13.** Folha palminerveia destacando-se várias nervuras principais surgindo da base do limbo.

Fonte: Espinheira (2007)

O fruto é uma baga que pode nascer no caule ou num pedúnculo longo (macho), com formato arredondado, cilíndrico ou piriforme, de cor amarela ou alaranjada quando maduro; com polpa apresentando uma consistência suave, de cor salmão, vermelha e chegando a amarelada. Consegue originar até 1.000 sementes negras/fruto que se inserem na sua cavidade interna (Campostrini & Glenn, 2007).

Em 100g de polpa pode-se encontrar: 32 calorias, 90g de água, 8,3g de carboidratos totais., 0,6g de fibra, 0,5g de proteínas, 0,1g de gordura, 20mg de cálcio, 0,4 mg de ferro, 13 mg de fósforo, 110 mg de caroteno, 0,03 mg de Vit. B<sub>1</sub>, 0,04g de Vit. B<sub>2</sub>, 46 mg de Vit C (Dantas & Castro Neto, 2000).

O mamoeiro desenvolve-se melhor em solos areno-argilosos, de topografia plana a levemente ondulada, textura porosa, profundos (mais de 2 m), sem impedimentos na sub-superfície, ricos em matéria orgânica, e com pH 5,5 a 6,7. Recomenda-se evitar baixadas ou solos sujeitos aos encharcamentos e os pedregosos (SEAGRI, 2009).

A maturação do mamão ocorre após 4 a 6 meses à abertura da flor, recomendando-se que os frutos sejam colhidos antes da maturação total. Os frutos devem ser colhidos quando apresentarem estrias com 50% de coloração amarela. Ao serem destinados à exportação ou ao armazenamento por períodos longos devem ser colhidos no momento em que a coloração da casca passa do verde escuro para o verde claro (sementes negras, início de coloração rósea da polpa) (Alves, 2003).

A assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, nas folhas do mamoeiro, segue o padrão das plantas C<sub>3</sub>, apresentando a Irradiância de Compensação para folhas individuais de aproximadamente 35  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . O ponto de saturação luminoso para o mamoeiro é de 1000  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Embora apresente um ponto de saturação luminosa alta, o mamoeiro em dias muito ensolarados pode apresentar considerável fotoinibição. Apresenta uma plasticidade morfogenética considerável sob sombreamento, sendo em função disso, classificada como uma planta heliófila. (Dantas & Castro Neto, 2000). Ele prefere áreas com luminosidade acima de 2.000 horas/luz/ano e com a altitude de 200 m (nunca acima de 800 m) (SEAGRI, 2009).

O mamoeiro, para alcançar uma melhor produtividade, deve ser cultivado em locais com temperaturas entre 22 °C a 26 °C. Temperaturas superiores a 30°C reduzem a taxa de assimilação líquida do mamoeiro, chegando a 50% do seu potencial máximo à temperatura de 40°C. Altas temperaturas tendem a produzir grande número de frutos carpelóides. Temperaturas de 0°C causam permanentes danos ao mamoeiro e a geada pode causar a morte da planta. Frutos desenvolvidos sob baixas temperaturas são insípidos e o período de seu desenvolvimento tende a aumentar. (Dantas & Castro Neto, 2000)

O mamoeiro necessita de uma pluviosidade anual entre 1.500 a 1.800 mm, com umidade relativa do ar entre 60% a 80%, com ventos moderados a brandos. Trabalhos indicam que a condutividade hidráulica radicular não parece mudar devido à falta de água no solo. Um efeito típico do déficit hídrico em mamoeiro é a redução do porte da planta, o abortamento e a clorose das folhas mais velhas. Um ponto importante é que a clorose pode acontecer depois da hidratação das plantas. (Alves, 2003)

Inundações em pomares de mamoeiros causam muito mais dano que o déficit hídrico, não possuindo nenhuma resistência à inundação, embora haja relatos que algumas plantas puderam suportar longos períodos de inundação. A inundação causa déficit hídrico na planta devido à falta de oxigênio no sistema radicular, provocando a interrupção da absorção de água. Com o estabelecimento de uma situação de inundação, as plantas estariam comprometidas num período de três a quatro dias, começando o aparecimento de plantas mortas já no segundo dia de inundação. (Dantas & Castro Neto, 2000)

Trabalhos com salinidade têm demonstrado que mamoeiros jovens são mais sensíveis à salinidade que às mais velhas. Plantas jovens irrigadas com água bicarbonatada com teores de sais com 9 meq/l não demonstraram sinais significativos de toxidez. Entretanto, plantas de mamão irrigadas com água cloretada, nas concentrações de 6 e 9 meq/l, mostraram sinais visíveis de toxidez nas características vegetais como redução do porte da planta, peso seco de folhas etc. (Dantas & Castro Neto, 2000)

### **2.3.2 Importância sócio-econômica do mamoeiro**

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), da família Caricaceae, é uma das frutas mais cultivadas e consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (INCAPER, 2011). “Há mais de 57 espécies conhecidas, mas, no Brasil, são plantados três tipos diferentes: mamão comum, papaia (Solo e Sunrise-solo) e, mais recentemente, o formosa” (SEAGRI, 2009). No Brasil, destacam-se as variedades Formosa e Havaí, sendo esta última mais consumida no Brasil por pessoas de maior poder aquisitivo. É a terceira fruta consumida no Brasil, com consumo de aproximadamente 2 kg/ano (Ganga et al., 2005), podendo ainda ter um significativo acréscimo.

A cultura do mamão, que produz em média um emprego/ha/ano, possui um papel importante no desenvolvimento econômico e social no Brasil, disponibilizando empregos ao longo do ano. Entretanto, uma maior produtividade poderia ser alcançada, com menores custos de produção, caso fossem desenvolvidos manejos mais adequados de irrigação, com um uso mais correto de defensivos agrícolas que poderiam propiciar menores danos ao meio ambiente e aos consumidores.



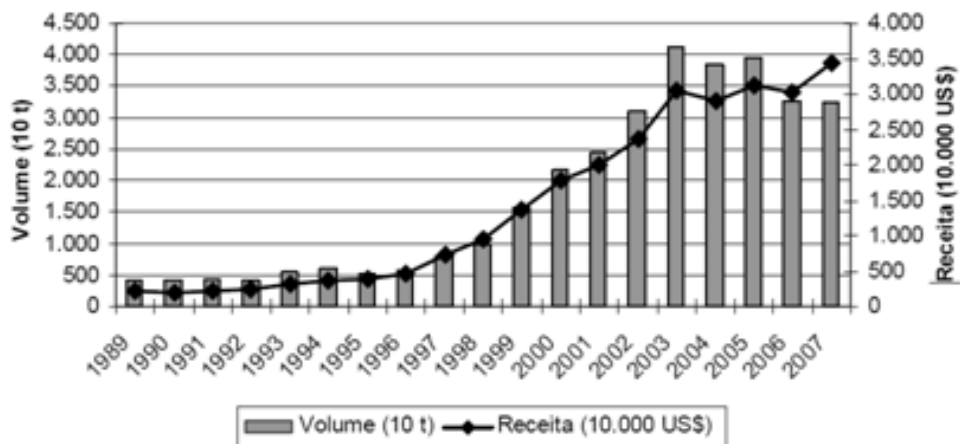
O Brasil, em 2008, destacou-se como o maior produtor desta fruta, que segundo o IBGE (2009) produziu cerca de um milhão oitocentas e noventa mil duzentas e oitenta e seis toneladas (1.890.286 toneladas), possuindo elevado potencial produtivo da fruta. Entretanto, o problema de sazonalidade da oferta (por problemas climatológicos e pela qualidade do fruto incompatível com o mercado externo) tem dificultado a regularidade na produção. No **Quadro 04**, observa-se o “ranking” dos países maiores produtores de mamão 1993 – 2005. Na **Figura 14**, faz-se uma mostra da evolução das exportações de mamão entre 1989 – 2003.

**Quadro 04.** Ranking dos países maiores produtores de mamão 1993 – 2005.

Ranking 1993/94/95			Ranking 2003/04/05		
		1000 t			1000 t
1	Brasil	988	1	Brasil	1.634
2	Nigéria	632	2	México	818
3	Índia	490	3	Nigéria	798
4	Indonésia	460	4	Índia	745
5	México	415	5	Indonésia	669

Fonte:

FAO (2008) citada por Vitti (2009)



**Figura 14.** Evolução das Exportações de mamão em volume (10 t) e em receita (10.000 US\$) entre os anos 1989 – 2003.

Fonte: Vitti (2009).

A maior área plantada encontra-se na Região Nordeste, com aproximadamente 30.000 ha (IBGE, 2009), seguida pela Região Sudeste, que possui cerca de 7.000 ha. O rendimento médio da cultura é da ordem de 35.589

frutos/ha. No **Quadro 05**, mostra-se uma evolução da comercialização do mamão na CEAGESP –SP (ANUÁRIO, 2010).

**Quadro 05.** Volume de mamão comercializado na CEAGESP – SP (2005 – 2008) em toneladas.

ANO	VOLUME TOTAL	MAMÃO HAVAIÍ	MAMÃO FORMOSA
2005	138.343	90.095	48.248
2006	142.326	91.983	50.343
2007	148.838	93.804	55.035
2008	157.924	103.630	54.294

Fonte: Anuário (2010)

A Bahia é o Estado brasileiro que liderou a produção de mamão com 914.679 t em 2007. Seguida do Espírito Santo com 646.273 t naquele mesmo ano (IBGE, 2009). Na Bahia, destacam-se os municípios do extremo sul (Alcobaça, Belmonte, Caravelas, Eunápolis, Guaratinga, Itabela, Itamaraju, Nova Viçosa, Porto Seguro, Prado, Santa Cruz de Cabrália e Teixeira de Freitas) que geraram cerca de R\$ 235,20 milhões com a atividade no ano de 2009 (IBGE, 2009). No Espírito Santo, que é o maior exportador brasileiro de mamão do Grupo Solo (procedente do Havaí, precoce e produção média de 37 t/ha/ano), destacam-se os seguintes Municípios: Pinheiros (62,7% de Formosa e 37,3% de Havaí) e Linhares (20,9% de Formosa e 79,1% de Havaí) (CEPEA, 2009).

### 2.3.3 Custos de formação X manutenção do “stand”

Para o agricultor, o conhecimento dos custos de produção, dos rendimentos e das receitas é essencial para a sua sobrevivência porque a produção é influenciada por uma série de fatores (variedade, solo, tratamentos culturais, preço dos produtos, etc.). Sabendo-se que o rendimento da cultura pode alterar pela adoção de tecnologias produtivas, espera-se que nos cultivos comerciais se alcance o ótimo de produção após o primeiro ano, alcançando-se nos dois outros, uma produtividade satisfatória, considerando-se que o mamoeiro comece a produzir entre o nono e o décimo mês após o plantio (Souza, 2009). No **Quadro 06**, demonstraram-se os valores

esperados de produção em um Projeto de plantio de mamão, instalado no Município de Pinheiros – ES, baseados em projeto elaborado pelo Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Valmir Zuffo.

**Quadro 06.** Demonstração de custos de formação e produção em lavoura de mamão nos três anos de produtivos a ser implantado em Pinheiros – ES.

---

**Mamão Havaí Irrigado – Custo de Produção (R\$/ha) – 2009**

Espaçamento: 3,5 x 1,6 m; Densidade (pés/ha): 1.785; Região Referencial: Pinheiros – ES

Produtividade Esperada (t/ha): Ano 1 = 15,0; Ano2 = 65,0; Ano 3 = 50,0

	Ano 1 (R\$)	Ano 2 (R\$)	Ano 3 (R\$)
<b>OPERAÇÕES MECANIZADAS – preparo de solo; formação de mudas; implantação; tratos culturais; irrigação e colheita</b>	<b>4.112,00</b>	<b>5.751,00</b>	<b>5.354,00</b>
<b>OPERAÇÕES MANUAIS – formação de mudas, implantação, tratos culturais, irrigação e colheita/transporte</b>	<b>4.150,00</b>	<b>3.059,00</b>	<b>3.378,00</b>
<b>INSUMOS – fertilizantes, fitossanitários, herbicidas, mudas e materiais</b>	<b>9.395,00</b>	<b>11.905,01</b>	<b>6.599,00</b>
<b>ADMINISTRAÇÃO – administrador, auxiliares, agrônomo, contabilidade, escritório, luz, telefone, viagens, depreciação do pivot central, impostos e taxas</b>	<b>2.144,00</b>	<b>3.212,00</b>	<b>2.892,00</b>
<b>CUSTO TOTAL (R\$/ha/ano)</b>	<b>19.800,00</b>	<b>23.928,00</b>	<b>18.223,00</b>
<b>RECEITA (R\$/ha/ano)</b>	<b>13.710,00</b>	<b>59.410,00</b>	<b>45.700,00</b>
<b>RESULTADO ACUMULADO (R\$/ha/ano)</b>	<b>- 6.090,00</b>	<b>29.392,00</b>	<b>56.869,00</b>
<b>CUSTO POR TONELADA PRODUZIDA/VIDA ÚTIL = R\$ 477,00 / TONELADA FOB</b>			
<b>PREÇO MÉDIO EM 2009 = R\$ 914,00 / TONELADA FOB</b>			

---

Fonte: Agra FNP/Genesis Planej. E Assessoria Agronômica

### 2.3.4 Aspectos gerais de produção

Apesar de possuir plantas com flores masculinas, femininas e hermafroditas, prioriza-se, em plantios comerciais, o estabelecimento de plantas hermafroditas pelas suas maiores produções e por não haver perda de áreas produtivas com plantas masculinas, além dos frutos das mesmas possuírem menor espaço vazio interno (Campostrini, 2009). Em plantas hermafroditas estabelecidas em clima subtropical pode acontecer a junção de anteras com carpelos, produzindo-se frutos deformados (Ming et al., 2008), existindo neste caso uma predominância de plantas femininas.

Em condições tropicais, o mamão pode ser colhido após 8 a 9 meses da sementeira, chegando às variedades melhoradas a alcançarem a produtividade de 100/t/ha/ano Chan (2009). Plantios comerciais são renovados principalmente a cada 3 anos em função da altura que possibilita dificuldades à colheita (Campostrini, 2009).

Um grande problema em plantios comerciais de *C. papaya* L. tem sido a segregação de sexo em plântulas que segundo Ming et al (2008), pode ser minimizado utilizando-se sementes de plantas hermafroditas. Planta-se cerca de cinco sementes, para que possam existir 3% de plantas femininas. Após estas cinco plântulas produzirem flores, torna-se necessário a determinação do sexo, sendo efetuado o procedimento do “roguing”. Este processo é ineficiente porque não evita o aumento dos custos e o comprometimento do crescimento inicial das plantas de mamoeiro (Campostrini, 2009). A diferenciação do sexo em plântulas de mamoeiro não pode ser feita até agora por nenhum método prático e rápido, entretanto, admite-se que as plantas femininas apresentem um crescimento mais vigoroso (Chutteang et al,2007).

O espaçamento mais indicado é o 3,00 x 2,00 m (1.666 plantas), entretanto, encontra-se o espaçamento 4,00 x 2,50 m. Tratos manuais são indicados para o espaçamento 3,00 x 2,00 m; tratos mecânicos para o de 4,00 x 2,50 m em linha simples ou para o de 4,00 x 2,50 m, isto é, 4,00 x 2,00 m entre sublinhas. Estes espaçamentos sugeridos permitem a passagem de máquinas ou a produção de uma cultura intercalar (SEAGRI, 2009).

## 2.4 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A QUANTIFICACAO DE BIOMASSA

As interações entre as plantas e o ambiente podem resultar em produção agrícola, tentando-se preservar a biodiversidade. Tais interações devem ser estudadas para que se disponibilizem grandes quantidades de informações, para poderem avaliar os principais processos fisiológicos das plantas e revertê-las a uma maior produtividade e produção (Machado, 1981). Tal fato poderia ser também avaliado pela quantificação do estoque de carbono, que pode ser definida como a massa orgânica produzida por unidade de área utilizada, podendo ser quantificada em termos de peso seco, de peso úmido e de peso em carbono (Odum, 1983).

Segundo Sanquetta (2002), o termo biomassa refere-se à massa de matéria biológica, viva ou morta, animal ou vegetal e denominando de fitobiomassa, à de origem vegetal.

Num plantio de mamão, a biomassa presente na área referir-se-ia a parte aérea de cada árvore frutífera (tronco, folhas, flores e frutos), a biomassa presente na matéria viva ou morta sobre o solo e sob este (raízes), sendo que esta biomassa poderia ser determinada, segundo Salati (1994), por meio de métodos diretos (destrutivos) ou por meio de métodos indiretos, como a avaliação sugerida por este trabalho.

### 2.4.1 Métodos diretos

Também chamados de destrutivos por exigirem o corte da vegetação viva sobre o solo, da retirada de matéria orgânica e pela retirada das raízes (Silva et al., 2001).

Segundo Salati (1994), esta metodologia implica no corte de parte das plantas, para posterior medição de volume e massa dos indivíduos. Determina-se a umidade nas amostras e estima-se a biomassa seca total. Por meio de várias amostras, em diversos locais, estima-se a matéria morta acima do solo. Em áreas determinadas, arranca-se o sistema radicular para ser avaliado, utilizando-se amostras com até 1 metro de profundidade.

Sanquetta (2002) prescreve um procedimento de campo mais simples, consistindo apenas em cortar a planta, pesando-a integralmente (com ou sem raízes, dependendo do objetivo), sem preocupar-se com a separação das mesmas. A este procedimento denomina-se “simples pesagem”. Caso o interesse reverta por apenas parte da planta, deve-se removê-la e proceder-se a pesagem. Caso exista interesse em separar frações da planta, separam-nas antes de realizar-se a pesagem.

#### **2.4.2 Métodos indiretos**

Denominam-se métodos indiretos os procedimentos utilizados para estimar a biomassa de grandes áreas, que fazem uso de equações e correlacionando a biomassa com variáveis (DAP, altura, volume) (Salati, 1994).

Destacam-se entre os métodos indiretos, os modelos de regressão, o uso de sensoriamento remoto e o uso de modelagem do crescimento e da produção (Silva et al., 2001).

O uso do sensoriamento remoto, o *Lidar* (Light Detection and Ranging), baseia-se em imagens que utiliza o raio laser como fonte de energia. Mede o tempo de ida e volta da energia de um pulso laser entre o sensor e o alvo. O pulso incidente interage com a planta e a superfície do solo, retornando-o ao instrumento, obtendo-se dessa forma, as alturas das plantas (Silva et al. 2001), e permitindo-se também fazer estimativas sobre o índice de área foliar, do volume e da biomassa sobre o solo (Severino et al, 2005).

Os modelos de crescimento e produção são ajustados para realizarem estimativas de produção volumétrica. Segundo Amaro e Tomé (1997), esses modelos classificam-se em empíricos e de processos.

Os empíricos foram desenvolvidos baseando-se em dados originados de medições periódicas, feitas em parcelas permanentes, descrevendo-se as relações das variáveis envolvidas, não levando em consideração fatores biológicos e fisiológicos de crescimento. Citam-se os modelos tipo povoamento total, os modelos de distribuição diamétrica e os modelos de árvores individuais (Silva et al., 2001).

Os modelos de processos ou mecanísticos baseiam-se em fatores físicos e biológicos que determinam o crescimento das plantas, sendo, por isso, mais utilizados em pesquisas do que em manejo de florestas, por sua complexidade e não permitir fazer predição (Silva et al., 2001).

### **2.4.3 Conversão do carbono em biomassa**

A interação positiva entre a taxa fotossintética líquida e a produção de uma cultura, segundo Zelitch (1982), acontece pela interação entre as plantas e o ambiente. O resultado dessa interação pode ser avaliado utilizando-se aparelhos portáteis, que permitem que a estimativa fotossintética seja feita numa única folha, em parte dela ou em toda a planta. Tais medidas apresentam variações (Poni et al., 1997) por apresentarem diferenças na luz recebida, no déficit de pressão de vapor e na formação diferenciada (ontogenia) nos vários pontos do dossel da planta (Katerji et al., 1994). Tais diferenças imprimem dificuldades na extrapolação das medidas realizadas numa única folha para uma planta inteira. Deste fato, surgiu a necessidade de técnicas que permitissem a medição da assimilação/liberação de CO<sub>2</sub> em plantas inteiras a campo, simulando-se às condições ambientais de produção. Raciocínio similar é feito quando se estima a transpiração.

A técnica utilizada por este trabalho baseou-se no trabalho de Ferraz (2007), fazendo o uso de balões que cobriram todas as plantas, acoplando-se aos mesmos, analisadores de gás por infravermelho e coletor de dados de temperatura e de umidade relativa. Segundo Corelli e Magnanini (1993), Lakso et al., (1996), Wunsche e Palmer (1997) e Ferrara e Flore (2003), a importância de tal técnica reporta-se ao fato de se estimar *in situ* o uso de água nas culturas.

Em plantas inteiras, a medição das trocas gasosas classifica-se em três tipos: sistema fechado, sistema semi-fechado e aberto (Coombs et al., 1985; Bugbee, 1992; Mitchell, 1992). Pelo sistema aberto, determina-se a fotossíntese pelo diferencial de CO<sub>2</sub> do ar que entra e do ar que sai da câmara que envolve a planta. Neste, a transpiração também pode ser avaliada analisando-se o diferencial do vapor d'água que entra e o que sai do balão.

A precisão das medidas das trocas gasosas relaciona-se às medidas do fluxo de ar que entra na câmara (Takahashi et al., 2007; Long, 1985).

## 2.5 CRÉDITOS DE CARBONO - CONSIDERAÇÕES JURÍDICAS E TRIBUTÁRIAS

Reduções Certificadas de Emissões (RCE's), que são largamente conhecidas pelo nome de "Créditos de Carbono", equivalem a uma tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Pela proposta americana, os créditos de carbono poderiam ser negociados por valores que variariam em função das características dos projetos, ou seja, créditos provenientes de reflorestamentos em locais degradados ou de atividades agrícolas menos complexas captariam créditos mais baratos do que aqueles provenientes da instalação de um equipamento de alta tecnologia utilizado na redução da emissão de gases poluentes. A redução da emissão do CO<sub>2</sub>, e de outros gases, que também intensificam o Efeito Estufa, poderia ser transformada em Créditos de Carbono, fazendo-se uso do conceito de Carbono Equivalente, de sustentabilidade e incentivando-se: o aumento da produtividade agrícola, pelo maior incentivo às pesquisas, por uma maior proteção ambiental, pela manutenção da biodiversidade, por uma uma maior conscientização da população ao tentar-se abrandar o que o próprio homem, principalmente, após a Revolução Industrial, intensificou: o aquecimento global (SANTOS, 2005).

A quantificação do carbono baseia-se em cálculos, os quais demonstram a quantidade de dióxido de carbono a ser removida ou a quantidade de gases do efeito estufa que deixará de ser lançada na atmosfera com a efetivação de um projeto. A possibilidade da comercialização desses créditos ajudaria a viabilizá-los financeiramente, e assim, a enfrentar um dos principais problemas de nossa agricultura: as baixas taxas de retorno e as incertezas de mercado. Contudo, a venda de tais Certificados tem um valor ambiental e social nitidamente superior ao econômico. O esgotamento ou a imobilização de recursos naturais, sem se buscar alternativas, levam em certa medida à decadência das regiões.

Nosso país, além de apresentar dimensões continentais (8,5 milhões de quilômetros quadrados de superfície), possui quase todos os climas, quase todos os tipos de solo e os maiores índices de insolação. Possui a maior floresta natural, uma



grande biodiversidade, a mais extensa fronteira agrícola a ser explorada e a maior reserva de água doce localizada em região compatível com a uma agricultura intensiva. Todos esses fatores o fazem imbatível em potencial comparativo na produção agrícola pelas condições favoráveis a fotossíntese (Pinto, 2006).

Os Créditos de Carbono, conseguidos com as CERs (Reduções Certificadas de Emissões) que são derivativos financeiros, seriam vendidos às empresas dos países que devem, obrigatoriamente, reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, considerado como o mais nocivo de todos os gases de efeito estufa. Entretanto, algumas etapas devem ser transpostas para quem pretende entrar no mercado de carbono.

Segundo Almeida (2005), o caminho percorrido seria: “inicialmente, elaborase um documento para a concepção do projeto onde se constará a descrição das atividades, os participantes, a metodologia das linhas de base, a metodologia de calculo, o limite do projeto, a fuga, a definição do período de obtenção dos créditos, o plano de monitoramento, a justificativa para a adição da atividade ao projeto, documentos e referências sobre impactos ambientais, resumo do comentário dos autores e informações sobre fontes adicionais de financiamento”.

Após isto, encaminha-se o documento a uma Entidade Operacional, determinada pela Conferência das Partes, procedendo a sua análise, sua validação e sua aprovação, para, então, ser mandado ao Conselho Executivo e efetuar o seu registro.

Após ser registrado, iniciar-se-á o plano de monitoramento conforme estabelecido no Documento de Concepção do Projeto. Ocorrendo reduções reais, em virtude do projeto, a Entidade Operacional emitirá um certificado favorecendo quem o implantou. Baseando-se neste certificado, o Conselho Executivo emitirá as RCE's, as quais serão passíveis de comercialização (Almeida, 2005).

O Banco Mundial é o grande comprador de Créditos de Carbono do mundo, prevendo investir 1 bilhão de dólares até 2012. No Brasil, já comprou créditos de cinco empresas. Normalmente, os créditos são comprados por intermediários que são investidores ou bancos (Silva et al., 2001). Na BM&F existe um Banco de projetos para registro de intenções de compra, no qual o investidor estrangeiro descreverá as características do projeto procurado (Almeida, 2005).

De acordo com o Direito Privado, Almeida (2005) afirma que Créditos de Carbono “caracterizam-se como direitos de seus detentores por serem bens intangíveis”. Entretanto, hoje se questiona esta afirmação, apresentando-os também na forma de derivativos.

Derivativos são ativos financeiros ou valores mobiliários cuja negociação acontece em função do ativo que lhes serviu de referência; nas operações do mercado financeiro, o valor das transações se dará pelo comportamento futuro de outros mercados, como, por exemplo: o de ações, o de câmbio e o de juros. Pode-se entender então que: a formação dos preços dos ativos financeiros deriva dos preços do mercado à vista (mercados futuros, mercados a termo, mercados de opções e mercado de *swaps*) (Almeida, 2005).

O Projeto de Lei nº 3.552/04, que tramita na Câmara dos Deputados, pode conferir aos Créditos de Carbono a natureza de valores mobiliários.

Na *Chicago Climate Exchange* (CCX) e no projeto existente no Brasil (pela Bolsa de Valores do Rio de Janeiro – BVRJ e pela Bolsa de Mercadorias e Futuros – BM&F) são comercializados como *commodities*, passando a caracterizá-los como derivativos, pois a formação de seu preço está em função dos preços do mercado à vista (Almeida, 2005).

Atualmente, denominam-se *Commodities ambientais* as mercadorias originadas de recursos naturais, padronizadas para a compra e venda, citando-se: água, energia, madeira, biodiversidade, reciclagem, emissão de poluentes e minério, ou seja, matérias-primas vitais para a sobrevivência da agricultura e da indústria. As *Commodities ambientais* se diferenciam das demais, por serem produzidas ou extraídas de forma sustentável, por processos que não comprometam a recuperação do ambiente, respeitando-se o equilíbrio dos ecossistemas, nos quais estão inseridos. Como as emissões de carbono devem ser reduzidas, ela não deveria ser considerada uma *commodity*. Pois, se assim fosse, sua emissão deveria ser incentivada, para aumentar o lucro. Pelas razões citadas, o seqüestro de carbono tem que ser entendido como um processo e não como uma *commodity* (Khalili, 2007).

A natureza jurídica dos Créditos de Carbono determina o tipo de tributação incidente. Por tratar-se de bens imateriais, estamos diante de uma cessão de bens intangíveis, chamada de cessão de direitos. Assim, exclui-se a incidência de ICMS uma vez que tal tributo incide sobre mercadorias que são bens corpóreos produzidos pelas atividades produtivas, industrial e comercial (Almeida, 2005).

As empresas que comercializarem as RCE's deverão se sujeitar a incidência do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ – 2,44%) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL – 2,88%). Entretanto, tramita na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei nº 4.425/04 que prevê benefício fiscal para as pessoas jurídicas que investirem no MDL, ausentando-as da tributação do lucro decorrente dos créditos pelo IRPJ e pela CSLL (Almeida, 2005). Futuramente, as empresas podem tornar-se beneficiárias do projeto de lei mencionado acima.

A contribuição para o PIS/PASEP e a CONFINS baseia-se no faturamento mensal ou no total das receitas auferidas pela pessoa jurídica. No entanto, a Constituição Federal, no seu artigo 149 §2º concedeu imunidade a tais tributos em relação às receitas decorrentes de exportação. Aliado ao exposto encontra-se em trâmite, na Câmara dos Deputados, um projeto de isenção desses tributos para as pessoas jurídicas que invistam em projetos do MDL (Ribeiro, 2005).

Os Créditos de Carbono são ativos intangíveis puros, não recaindo sobre eles o Imposto sobre Operações Financeiras (IOF). Porém, caso o Projeto de Lei nº 3.552/04 seja aprovado e eles venham a ser definidos como derivativos ou que tomem este revestimento pela prática comercial passarão a sofrer incidência do IOF.

Na cessão de direito de créditos de carbono não há nenhum esforço humano em favor de terceiro. Há uma obrigação de dar um bem (ainda que imaterial) para a propriedade de outro (Almeida, 2005).

### 3. OBJETIVO

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Estimar a assimilação do carbono, bem como calcular a rentabilidade proveniente de uma possível venda de Créditos de Carbono, em um plantio comercial de mamão (*Carica papaya* L.), cultivar Golden, no norte do Espírito Santo.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO, CLIMA E SOLO

O experimento foi montado na Caliman Agrícola S.A., que se localiza no Município de Sooretama/ES, situado no litoral norte do Estado do Espírito Santo, apresentando uma área de 588 km<sup>2</sup>, altitude de 58 metros, latitude 19° 11' 49" S e longitude 40° 05' 52" O (INCAPER, 2011) (**Figura 15**).



**Figura 15.** Localização do Município de Sooretama no mapa do Espírito Santo.

Fonte: INCAPER (2011)

De acordo com os dados fornecidos pelo INCAPER (2011), registrou-se nos **Quadros 07 e 08**, um histórico de temperaturas máximas, mínimas e pluviosidade no Município de Sooretama, onde se localiza a região onde foram coletados os dados apresentados neste trabalho.

**Quadro 07.** Histórico de temperaturas máximas e mínimas do Município de Sooretama (2000 – 2009) fornecido pelo Banco de Dados Agro-climatológicos - BOLETIM AGROCLIMÁTICO DE SOORETAMA.

<b>TEMPERATURA MÍNIMA (2000 – 2009) (°C)</b>												
<b>ANO</b>	<b>MESES DO ANO</b>											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
<b>2000</b>	21,8	22,1	21,7	20,5	18,1	16,5	15,8	15,2	17,1	19	20,6	21,3
<b>2001</b>	21	21,7	21,2	20,1	18,5	17	15,7	16	17,2	18,3	20,8	21,2
<b>2002</b>	21,8	21,3	21,3	20,1	18,1	16,8	16,5	16,7	17,9	18,7	20,2	21,8
<b>2003</b>	22,2	21,1	21,3	20,4	17,6	15	15,4	15,7	16,6	18,1	20,4	21,1
<b>2004</b>	21,7	20,7	21,1	19,9	19	16,4	16,2	15,5	15,7	18,8	20,3	21,1
<b>2005</b>	22	21,4	22	20,2	18,9	17,7	15,8	15,8	18,1	18,9	20,2	20
<b>2006</b>	20,2	21,1	22	20,4	16,3	14,6	13,6	16	16,4	19,5	20,3	21,7
<b>2007</b>	21,8	21	20,5	20,3	16,8	14,7	15,1	14,4	15,7	17,4	19,5	20,3
<b>2008</b>	20,2	20,8	21,1	21,1	17,1	16,3	14	15,5	16	19	20,8	20,5
<b>2009</b>	21,3	21,8	21,8	20,4	17,3	16,5	17,7	20,5	20,5	20,5	19,9	20,9
<b>MÉDIA</b>	<b>21,4</b>	<b>21,3</b>	<b>21,4</b>	<b>20,3</b>	<b>17,8</b>	<b>16,2</b>	<b>15,6</b>	<b>16,1</b>	<b>17,1</b>	<b>18,8</b>	<b>20,3</b>	<b>20,9</b>

<b>TEMPERATURA MÁXIMA (2000 – 2009) (°C)</b>												
<b>ANO</b>	<b>MESES DO ANO</b>											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
<b>2000</b>	32,1	32,9	32,3	30,5	28,4	28,1	26,4	27,7	28,7	29,6	29,9	31,5
<b>2001</b>	30,9	33,6	33	31,5	29,6	28,2	27,4	27,7	28,7	29,9	29,5	31,1
<b>2002</b>	30,9	33,6	33	31,5	29,6	28,2	27,4	27,7	28,7	29,9	29,5	31,1
<b>2003</b>	30,9	33,6	33	31,5	29,6	28,2	27,4	27,7	28,7	29,9	29,5	31,1
<b>2004</b>	30,9	33,6	33	31,5	29,6	28,2	27,4	27,7	28,7	29,9	29,5	31,1
<b>2005</b>	32,1	31,6	33	30,5	28,9	26,7	26,7	27,5	27,2	30,9	28	31,8
<b>2006</b>	32,6	35,7	33,1	31,6	30	27,9	27,8	28,7	29	29,2	30,3	31,8
<b>2007</b>	32,6	35,6	33,1	31,6	30	27,9	29,1	28,9	29,1	31,5	33,3	32,8
<b>2008</b>	32	33,5	33,1	32,9	30,1	28,9	28	29,9	30,5	32,6	30,7	31,4
<b>2009</b>	32,76	33,6	34,1	31,9	29,8	28,9	29,9	31,5	31,5	32,0	32,9	33,9
<b>MÉDIA</b>	<b>32,1</b>	<b>33,8</b>	<b>33</b>	<b>31,5</b>	<b>29,5</b>	<b>28,2</b>	<b>27,5</b>	<b>28,6</b>	<b>29,1</b>	<b>30,4</b>	<b>29,4</b>	<b>31,8</b>

Fonte: INCAPER (2011)

**Quadro 08.** Dados pluviométricos do período 2000 – 2009 fornecidos pelo Banco de Dados Agro-climatológicos - BOLETIM AGROCLIMÁTICO DE SOORETAMA.

PLUVIOSIDADE (2000 – 2009)												
ANO	MESES DO ANO											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
<b>2000</b>	227,6	65,7	173,4	131	36,8	28,2	40,4	36,6	87,8	23,4	347,8	339
<b>2001</b>	65	19,6	173,2	39,2	166,8	124,5	7,6	87	81,4	161,9	804,6	355,4
<b>2002</b>	207,2	108,4	36,4	59,4	50,2	62,8	40,6	67,3	151,2	26,4	224	188,6
<b>2003</b>	168,2	25	21,8	74	47,8	2,8	51,4	14,6	123,4	151,6	108,4	355,4
<b>2004</b>	368,2	86,8	387,2	299	47	67,8	93,8	14,8	5,6	93,8	128,4	220,4
<b>2005</b>	73,8	245,6	126,8	102,6	142,6	162,8	58,6	77,8	85,6	22,2	258,8	191,4
<b>2006</b>	33	52	307,5	25,3	8,75	53,8	33,3	24,25	34,8	143,5	390	281,3
<b>2007</b>	94	219	25,8	125,3	15,3	6	15	48,8	47	9,5	134,5	55
<b>2008</b>	136	126,3	89,5	181,3	8,75	3,25	27,8	18,5	13,3	35,8	351	131,8
<b>2009</b>	249,3	39,3	145,5	123,8	26,9	30,5	51,5	0,75	26,5	278,7	91,8	145,3
<b>MÉDIA</b>	154,97	102,44	145,97	114,43	57,12	57,14	42,18	39,31	63,2	102,6	276,8	213,84

Fonte: INCAPER (2011)

Nas **Tabelas 07 e 08**, observa-se que os valores representados são característicos de clima tipicamente tropical, os quais favorecem a formação vegetal característica da região denominada de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas ou também conhecida como “Mata dos Tabuleiros” que se caracterizam por estar sempre verde, de caráter higrófilo, apresentando dois ou mais estratos superpostos de árvores que podem apresentar mais de 30 metros de altura, sendo esta, característica de Floresta Tropical Atlântica Úmida (INCAPER, 2011).

O experimento foi desenvolvido em um plantio de mamão, localizado numa área de baixa declividade, em classificado como Argissolo Amarelo.

## 4.2 REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, PREPARO E COLETA DE DADOS

Este estudo baseou-se num experimento instalado na Caliman Agrícola S/A, no ano de 2006 (Ferraz, 2008). Os testes foram realizados em cinco (5) plantas do cultivar Golden, do grupo Solo, utilizadas para a avaliação das características fisiológicas nas plantas inteiras. O cultivar Golden originou-se de um mutante de uma população do “Sunrise Solo”, mas que, quando comparado ao genótipo “Solo” original, diferencia-se por apresentar uma menor concentração de clorofila (Torres-Netto, 2005).

As mudas foram transplantadas em fevereiro de 2006 e o experimento teve início em julho daquele ano. As plantas apresentavam seis meses de idade,  $3,5\text{m}^2$  de área foliar total por planta, e foram expostas a dias de céu claro (máximo valor de  $1400\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), temperatura máxima de  $30^\circ\text{C}$ , déficit de pressão de vapor do ar máximo de 2,2 KPa e irrigação por gotejamento – 4,5 L/dia. No verão, as mudas estavam com  $4\text{m}^2$  de área foliar total por planta, e foram expostas a dias de céu com ausência de nuvens (máximo valor de  $2400\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), temperatura máxima de  $35^\circ\text{C}$ , déficit de pressão de vapor do ar máximo de 3,6 KPa e irrigação por gotejamento – 8 L/dia (Campostrini, 2009).

As mudas foram produzidas em sacos individuais de polietileno; com capacidade de 5 kg de substrato composto de terra vegetal e esterco bovino curtido na proporção de 2:1. Foram afastadas em 50 cm, para evitar sombreamento ao longo do crescimento das plantas. Para o cultivar do grupo Solo foram colocadas três sementes por saco e foram cobertas com uma camada de 1 a 2 cm de terra fina e peneirada, regadas três vezes por dia até a germinação, quando foi feito o desbaste, o que deixou uma muda por recipiente, como descritos por Trindade & Oliveira (1999).

A irrigação da lavoura foi feita pelo sistema de gotejamento e o espaçamento utilizado foi de 3,60m entre linhas e 1,5m entre as plantas. Usou-se fertirrigação de acordo com o sistema de produção comercial utilizado pela empresa Caliman S/A. Os gastos mensais com adubos foram:  $106,67\text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ;  $21,07\text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{MgSO}_4$ ;  $50,33\text{ kg ha}^{-1}$  de KCl;  $9,67\text{ kg}$  de MAP (fosfatomonoamônico, fonte de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e  $0,35\text{ kg ha}^{-1}$  de micronutrientes. As plantas apresentaram a produtividade média de 44,2 t/ha.



#### 4.2.1 Medição das trocas gasosas

Uma mini-estação climatológica modelo 700ET (Spectrum Technologies, Illinois, USA) foi instalada, o que permitiu o armazenamento dos dados referentes às variáveis climatológicas (temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos, radiação solar e precipitação pluviométrica). Os valores do déficit de pressão de vapor do ar foram calculados em função da temperatura e da Umidade Relativa do ar, segundo a Equação proposta por Naves-Barbiero et al. (2000).

$$DPV = 0,61137e^t * (1-UR/100) \quad \text{Eq.1}$$

Em que: t era calculada pela equação  $t = 17,502 * (T_{ar}) / (240,97 + T_{ar})$  Eq. 2

Onde  $T_{ar}$  = temperatura do ar

Os dados obtidos neste experimento foram coletados em 5 plantas inteiras, à temperatura ambiente, utilizando-se balões feitos com poliéster transparente Mylar® (Dupont, Wilmington, DE, USA) de 3,4m<sup>3</sup> ou 3.400 L, com uma transmitância da radiação fotossintética ativa de aproximadamente 90%, acoplados a um analisador de gás a infravermelho e a ventiladores que injetavam volumes conhecidos de ar (**Figura 16**) com o intuito de medirem-se as trocas gasosas das plantas inteiras que estavam sendo cultivadas em regime de campo. Os ventiladores promoveram a completa renovação do ar a cada 4 s.

O fluxo de ar foi monitorado a cada hora durante os quatro dias do experimento, utilizando-se, para isso, um fluxômetro modelo (Velocicalc® 8345/8346, TSI Incorporated, MN, USA). Efetuando-se seis furos na parte superior do ventilador, fizeram-se dez determinações da velocidade do ar no sentido descendente do interior do ventilador. Pela média de sessenta determinações dentro dos ventiladores, calculou-se a velocidade média que foi multiplicada pela área da seção transversal (781,75 cm<sup>2</sup>) do ventilador para se ter o valor do ar injetado no balão. Aspirou-se o ar desses balões por mangueiras em dois pontos: um dentro do ventilador e o outro no topo do balão, pelo qual o ar era aspirado. Conectaram-se as mangueiras a um sistema portátil de medições de trocas gasosas modelo LI-6200 (LI-COR, Lincoln, NE, USA). Aspirou-se o ar com a própria bomba do equipamento,

e nele foram determinadas as concentrações de CO<sub>2</sub> e a pressão de vapor de água nos dois pontos de medidas. A cada hora, eram efetuadas duas leituras em cada balão, perfazendo-se 20 medições/hora. Foram feitas durante quatro dias de julho de 2006 e a cada hora, iniciando-se às 8h e finalizando-se às 17h (Ferraz, 2008).



**Figura 16.** Estrutura montada para a aferição das trocas gasosas de plantas inteiras de Mamoeiro Golden, crescidas em condições de campo e cultivadas na Caliman Agrícola.

Fonte: Ferraz (2008)

Calculou-se a injeção de ar pelos ventiladores pela equação:  $F = (V_{ar} * 60 * 30,5 * A_v / 10^3)$ , de forma que, Eq. 2

$A_v$  (cm<sup>2</sup>) = área do ventilador onde acontecia à saída do ar;

$V_{ar}$  (ft/min) = velocidade do ar;

Densidade do ar (D) em g/m<sup>3</sup> =  $101300 / (287,05 * (T_{ar} + 273,15))$

$T_{ar}$  = Temperatura do ar (°C).

A Transpiração E (g(H<sub>2</sub>O)h<sup>-1</sup>) foi determinada pela equação:

$E = ((D * (18/29) * \Delta H_2O)/1013 * F$  (Eq. 3) onde  $\Delta H_2O$  seria a pressão do vapor d'água do ar no topo do balão diminuindo-se a pressão do vapor de dentro do ventilador.

$E$  = transpiração calculada pela equação (3) e convertida em  $\text{mmol/m}^2/\text{s}$ ;

DPV = déficit de pressão do vapor d'água que entra no balão e que foi determinado pela **equação 1**, em KPa;

$P_a$  = pressão atmosférica, KPa;

A taxa fotossintética líquida  $A$  ( $\text{g CO}_2/\text{h}$ ) foi determinada utilizando-se a Eq. 4,  $A = (D * (\Delta\text{CO}_2/10^6) * F) * (-1)$ , de forma que:

$\Delta\text{CO}_2$  seria a concentração de  $\text{CO}_2$  determinada pela diferença entre a existente no topo do balão e dentro do ventilador.

Estimou-se o ganho de carbono e a transpiração diária baseando-se na área sob a curva de assimilação de  $\text{CO}_2$  / transpiração x horário do dia, utilizando-se para isto, o programa **Logger Pro** (Vernier Software, Portland, Oregon Canadá).

A confirmação da condição de estresse supra-ótimo de temperatura foi verificada no terço superior do dossel das plantas dentro e fora dos balões, no mesmo horário das medidas efetuadas, utilizando-se para este fim um termômetro infravermelho (Infrarot Thermometer, TFA, Germany). No período compreendido entre as 8:00 e as 17:00 h, foram realizadas três medidas no topo da planta, distanciando-se o equipamento das folhas em 30 cm.

#### 4.2.2 Cálculo da área foliar

A folha do mamoeiro, segundo Vidal & Vidal (2003), mostrada pela **Figura 17**, deve ser classificada como palmatipartida (recortes que passam da metade do limbo, podendo chegar até próximo ao pecíolo) e palminervea (várias nervuras divergentes que partem de um mesmo pecíolo).



**Figura 17.** Recortes no limbo da folha do mamoeiro alcançando mais da metade do limbo (palmatipartida) e com várias nervuras partindo do mesmo local.

Para determinar-se as áreas foliares das plantas, com idades diferentes, efetuou-se no campo, as medidas das nervuras centrais de duas folhas maduras (4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>), contadas a partir do ápice, em 10 plantas representativas de cada idade, e, contando-se também, o número total de folhas das mesmas. A área foliar total das plantas, onde se mediu as nervuras centrais das folhas, foram estimadas por meio de método não-destrutivo, de acordo com a equação proposta por Posse et al. (2009). A **Figura 18** mostra a nervura central da folha onde se efetuou a medida.



**Figura 18.** Nervura central da folha de mamão onde se efetuaram as medidas.

$$AFT = [-89,6623 + (5,0328 \times NF) + (4,9998 \times NF \times (CN + C2)/2) - (7,5120 \times (CN + C2)/2)]^{1,2607} \times 10^{-4} \quad \text{(equação proposta por Posse et al. (2009)).}$$

Onde:

AFT= área foliar total da planta de mamoeiro;

NF= o número de folhas da planta;

CN + C<sub>2</sub>/2= a média do comprimento da nervura central de duas folhas (4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>) completamente expandidas (maduras do ápice para a base da planta).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 AVALIAÇÕES DO CRESCIMENTO VEGETAL RELACIONADO ÀS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Fatores ambientais como luz, vento, temperatura, umidade, etc. podem influenciar o processo fotossintético (Campostrini e Glenn, 1977). Segundo Schaffer e Andersen (1994), o conhecimento do fato “leva-nos a traçar estratégias de manejo que possam propiciar melhores condições de crescimento e desenvolvimento das plantas, com grandes possibilidades de aumento na produtividade”. Assim, espera-se que ao planejar-se a capacidade produtiva em resultados científicos e maximizando-se a fotossíntese, conseguir-se-á obter uma maior produtividade e melhorar a qualidade das lavouras.

Normalmente, a medição da taxa fotossintética líquida, em plantas, é feita pela determinação das trocas gasosas (fotossíntese, transpiração e condutância estomática) em áreas foliares que variam, normalmente, em torno de  $6\text{cm}^2$  (Campostrini, 2009). A metodologia utilizada neste trabalho (**Figura 16**) poderá mostrar-se mais eficaz na determinação das trocas gasosas, uma vez que, diferindo das metodologias tradicionais que só utilizam a leitura num segmento de área foliar de  $6\text{cm}^2$  e que extrapolariam os resultados encontrados para plantas inteiras ( $4\text{m}^2$  de área foliar, neste trabalho), mediu as trocas gasosas nas plantas, cultivadas em campo, em sua área total.

A câmara utilizada, mesmo transparente, pode reduzir a radiação solar alterando as trocas gasosas entre as plantas e a atmosfera (Corelli-Grappadelli e Magnanini, 1993). A fim de se minimizar este fato, chamado “efeito câmara”, foram promovidas (Perez Peña, 2004) renovações de ar dentro das câmaras a cada 4 s, e o material utilizado (Mylar®) era altamente transparente (90% de transmitância), o que contribuem para a não ocorrência de diferenças no FFF (Fluxo de Fótons Fotossintéticos).

Observando-se os dados citados nas **Tabelas 01 e 02**, constata-se que houve maior fixação de CO<sub>2</sub> (77,09 g/planta/dia, 30°C, aplicando-se 5 L H<sub>2</sub>O/p/dia, déficit de pressão de vapor do ar máximo de 2,2Kpa) na média dos meses de inverno do que nos meses de verão (50,74 g/planta/dia, 35°C, aplicando-se 8 L H<sub>2</sub>O/p/dia, déficit de pressão de vapor do ar máximo de 3,6Kpa).

No verão, as plantas transpiraram cerca de 10 L de água por dia, enquanto no inverno, transpiraram cerca de 15 L de água. Nestes meses o pico de fixação ocorreu entre 09h00min – 10h00min h enquanto que naqueles ocorreu entre 11h00min – 12h00min h. Tal resultado poderia ter causado surpresa por esperar-se uma maior taxa fotossintética nos meses de verão, entretanto, sabe-se que o fenômeno da fotossíntese é influenciado por fatores ambientais tais como luminosidade, temperatura, umidade do solo, etc. Pelos resultados obtidos pode-se sugerir a hipótese de Campostrini (2009) que relaciona tal acontecimento a um ajuste estomático para que nos meses de verão haja uma diminuição na perda de água em função das maiores temperaturas, como observado na **Tabela 01**. Com isto, houve a redução do processo fotossintético e do transpiratório. Este ajuste promove a manutenção adequada do estado hídrico da planta.

Segundo Odum (1983), as “altas taxas produtivas ocorrem em ecossistemas tanto naturais quanto cultivados, quando os fatores físicos estão favoráveis e, principalmente, quando subsídios de energia (qualquer fonte de energia que reduza o custo de automanutenção interna do ecossistema) reduzem os custos de manutenção” e que a alta produtividade e altas proporções líquido-bruta nas plantações originam-se em função de entradas energéticas (na forma de cultivo, irrigação, fertilização, seleção genética e controle de insetos). Na **Tabela 02** resumem-se os resultados encontrados na assimilação de CO<sub>2</sub> e no total transpirado pelas plantas analisadas em função das características ambientais.

As medições das trocas gasosas nas plantas inteiras são importantes para a obtenção de uma maior produtividade, tanto na quantidade de material biológico (MS) formado quanto na possível produção de créditos de carbono (RCEs). Embora seja esperada uma grande taxa transpiratória no verão, o presente experimento demonstrou que em função das temperaturas elevadas da atmosfera aliadas ao alto fluxo de fótons nos fotossistemas, originaram-se maiores temperaturas nas folhas e

tendo-se como conseqüência um maior fechamento estomático que culminou com a redução da fotossíntese e da transpiração (**Tabela 01**).

**Tabela 01.** Total de gramas de CO<sub>2</sub> fixadas/m<sup>2</sup> de área foliar/h e a quantidade perdida de litros de água/m<sup>2</sup> de área foliar/h nas plantas inteiras de mamoeiro Golden cultivadas em condição de campo na Caliman Agrícola, em Sooretama – ES.

HORA	Gramas de CO <sub>2</sub> fixado/m <sup>2</sup> /h	Gramas de CO <sub>2</sub> fixado/ m <sup>2</sup> /h	Litro de H <sub>2</sub> O perdida/ m <sup>2</sup> /h	Litro de H <sub>2</sub> O perdida/ m <sup>2</sup> /h
	(verão)	(inverno)	(verão)	(inverno)
08h00min	1,3	2,7	0,24633	
09h00min	2,11	2,9	0,35062	
10h00min	2,07	3,38	0,27623	0,409
11h00min	1,59	4,03	0,25999	0,445
12h00min	1,25	3,46	0,212	0,446
13h00min	1,29	2,79	0,19532	0,451
14h00min	1,32	1,91	0,22063	0,298
15h00min	0,85	1,86	0,20565	0,24
16h00min	0,69	1,06	0,08785	0,112
17h00min	0,18	0	0,00814	0,0034
<b>MEDIA</b>				

De acordo com os dados obtidos é possível estimar (**Tabela 01**) o ganho de carbono e a transpiração diária pela estimativa da área sob a curva de assimilação de CO<sub>2</sub>/Transpiração X hora do dia, chegando-se aos resultados demonstrados na **Tabela 02**, pelo Programa *Logger Pro*.



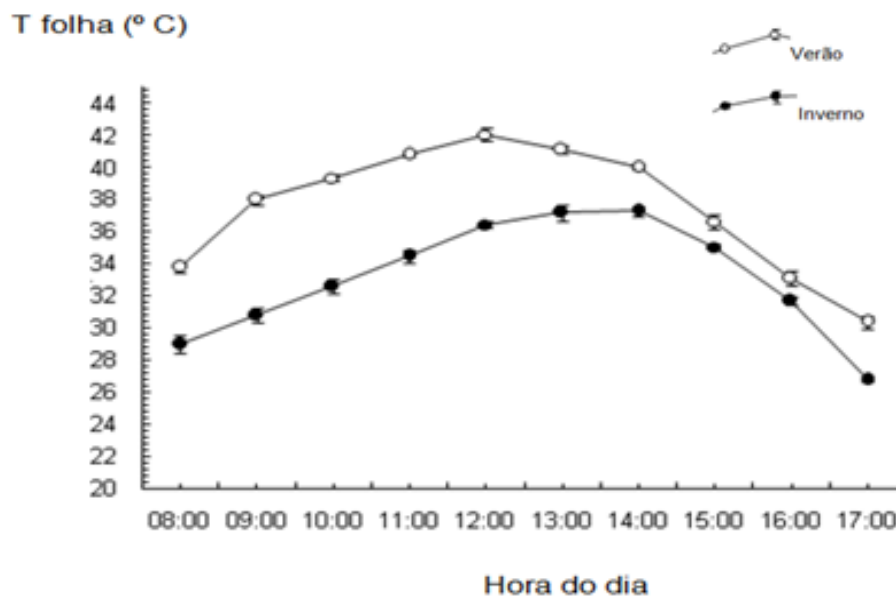
**Tabela 02.** Resultados encontrados na assimilação de CO<sub>2</sub> (g/dia/planta) e no total transpirado pelas plantas (L de água/dia/planta) inteiras do mamoeiro “Golden”, cultivadas em condições de campo, na Caliman Agrícola, em Sooretama/ES.

Características das plantas e condições ambientais	Assimilação de CO <sub>2</sub> (g/dia/planta)	Total transpirado por planta/dia (l)
Verão – Genótipo Golden, plantas com 4 m <sup>2</sup> de área foliar/planta, dias claros com ausência de nuvens no céu (Máx. 2400 μmol <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> , temperatura máxima de 35°C, com déficit de pressão de vapor do ar máximo de 3,6 kpa. Irrigação por gotejamento – 10l/planta/dia	50,7	10
Inverno - Genótipo Golden, plantas com 3,5 m <sup>2</sup> de área foliar/planta, dias claros com ausência de nuvens no céu (Máx. 1400 μmol <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> , temperatura máxima de 30°C, com déficit de pressão de vapor do ar máximo de 2,2 kpa. Irrigação por gotejamento – 15l/planta/dia	77	15

A **Figura 19** relaciona as variações das temperaturas foliares do Genótipo Golden, cultivado em condições de campo no verão e no inverno em Sooretama/ES em função das horas do dia. Pode-se observar que nas duas épocas do ano houve picos máximos diferentes de temperatura, em horários diferentes. Tal resultado pode ser explicado sabendo-se que as estações do ano existem pelo fato da Terra apresentar o movimento de translação em torno do Sol, com o eixo de rotação inclinado em relação ao plano orbital (tem uma inclinação máxima de 23°27'). Essa inclinação permite que os raios solares incidam mais diretamente em um Hemisfério do que em outro, possuindo mais horas de luz durante os dias e, portanto, aquecendo mais um hemisfério do que o outro, pois a temperatura varia em função da disponibilidade de radiação solar na superfície terrestre (Pezzopane, 2009).

Entre a temperatura da copa das plantas cobertas com balão e as que se localizavam fora deles não se verificou diferenças. Naquelas localizadas nos balões, encontrou-se um valor médio de temperatura igual a 28,53 °C durante o dia, chegando-se a um máximo de 37,5 °C (13h). Entretanto, naquelas não cobertas foi encontrado um valor médio igual a 28,96 °C durante o dia, chegando-se a um máximo de 36,5 °C (**Tabela 03**). A ausência de diferença de temperatura entre as copas das plantas dos dois tratamentos confirma a idéia de que não houve o “efeito câmara”.

T folha (° C)



Hora do dia

**Figura 19.** Relação das temperaturas foliares do Genótipo Golden, em plantas cultivadas sob condições de campo durante as horas do dia.

Fonte: Ferraz (2008).

**Tabela 03.** Temperaturas máxima, média e mínima da copa das plantas (°C) inteiras do mamoeiro “Golden”, cultivadas em condições de campo na Caliman Agrícola nos quatro dias de experimento, nos dois tratamentos (planta com e sem balão).

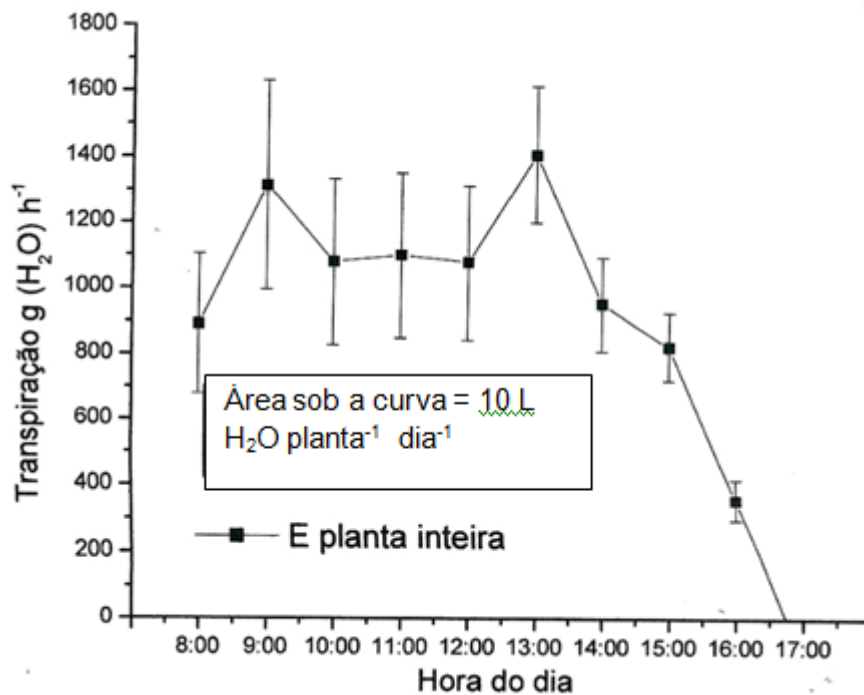
TEMPERATURAS DAS COPAS DAS ÁRVORES - °C		
	Planta com balão	Planta sem balão
<b>Máxima</b>	37,5	36,5
<b>Média</b>	28,53 ± 1,12 (n=45)	28,96 ± (n=15)
<b>Mínima</b>	21	23,4

Na fase do experimento, quando as plantas possuíam 3,5m<sup>2</sup> de área foliar, determinou-se que as mesmas transpiraram 8,6 L de H<sub>2</sub>O/planta/dia. O valor foi determinado pelo cálculo da área sob a curva de transpiração X horário do dia. Nesta mesma época, eram aplicados nas plantas, 4,5 L de água, demonstrando-se, dessa maneira, que a aplicação de água pelo produtor estava abaixo da transpiração diária das plantas sendo necessário que elas retirassem água do solo, para que houvesse a compensação do déficit hídrico. Justificando-se assim alguma resistência no *continuum* solo-folha, e explicando que o déficit hídrico no sistema radicular pode potencializar o efeito do DPV<sub>ar</sub> sobre g<sub>s</sub> e g<sub>c</sub>

Para verificar-se a economia de água pela planta, segundo Campostrini (2009), a partir dos dados da **Tabela 02**, pode-se calcular a razão de transpiração (RT) do mamoeiro, na Caliman Agrícola, neste experimento. Essa medida foi determinada, pela razão da quantidade de água transpirada/pela quantidade de CO<sub>2</sub> assimilada pela planta. Assim, obteve-se 10L/50,7 = 0,197 (197 g de água/g de CO<sub>2</sub> – no verão) e 15L/77 = 0,194 (194 g de água/g de CO<sub>2</sub> – no inverno). O autor considera que plantas com metabolismo C<sub>3</sub> apresentam RT = 500. No ensaio analisado pode-se considerar que houve uma economia de água significativa pelas plantas analisadas, a partir dos resultados apresentados em comparação com as Plantas C<sub>3</sub>.

A **Figura 20**, mostra que entre 9h:00min – 13h:00min houve maior taxa transpiratória (E), com valores estimados entre 1300 a 1400 g(H<sub>2</sub>O)/h. Após 13 h

houve redução na taxa transpiratória, chegando-se a um valor nulo por volta das 17 horas. Tal decréscimo associa-se, provavelmente, aos valores de  $g_s$  (condutância estomática) e  $g_c$  (condutância da planta inteira), bem como às reduções de FFF, ou seja, mesmo os estômatos apresentando-se mais fechados, houve uma maior saída de água da planta promovida pelo ar mais seco da atmosfera (Ferraz, 2008).



**Figura 20.** Taxa transpiratória diária em quatro dias de experimento, em Sooretama/ES. O erro padrão é indicado pelas barras verticais,  $n = 30$ .

Fonte: Ferraz, 2008

## 5.2 CÁLCULOS DAS ÁREAS FOLIARES E ESTIMATIVA DO TOTAL DE CRÉDITOS PRODUZIDOS

A comparação de indicadores econômicos, sociais e biológicos revelava, antigamente, uma contradição própria que pouco se integrava à realidade e às populações que viviam nas regiões analisadas, sendo tal fato decorrente do

processo de colonização, da falta de investimentos adequados e políticas públicas de desenvolvimento específicas.

De acordo com Braga (2007): “o meio ambiente é essencial para a vida humana e deve ser tratado com responsabilidade pelas empresas, pois, envolve além do próprio meio, todas as relações deste com o homem, seja por meio do processo de educação ambiental, de descartabilidade de recursos, de prevenção e de recuperação de impactos, ou decorrente da própria existência humana e suas relações com o ambiente”.

Ao se discutir sobre o aquecimento global e responsabilidade social, torna-se essencial no mundo atual, aplicar-se nas empresas o caminho da sustentabilidade para aqueles que têm uma visão em longo prazo, porque, além de querer apresentar uma solidez econômica, busca-se ser socialmente e ecologicamente viáveis. Sendo assim, pelo volume de alimentos produzido no Brasil, particularmente o de mamão, mostrado no **Quadro 04**, o colocam numa posição bastante confortável na possibilidade de redução de Emissões de Gases Intensificadores do Efeito Estufa, além da grande capacidade de produção de alimentos.

Os resultados demonstrados na **Tabela 04** representam as áreas foliares do mamoeiro determinadas na Caliman Agrícola, utilizando-se as medidas das nervuras centrais das 4<sup>a</sup> / 5<sup>a</sup> folhas maduras, contadas a partir do ápice, em 10 plantas representativas de suas respectivas idades (60 – 360 dias), fazendo-se uso da equação proposta por Posse et al. (2009). Após os 360 dias de vida, considerar-se-á para efeito de cálculo da assimilação do CO<sub>2</sub>, uma mesma área foliar das plantas, pois segundo Nabinger (1996), após se atingir o número máximo de folhas vivas numa planta, passa a haver um equilíbrio entre a taxa de surgimento e a senescência das folhas.

**Tabela 04.** Média das medidas das nervuras centrais das folhas (4ª e da 5ªfolha) e das áreas foliares de mamoeiros com diferentes idades na Caliman Agropecuária, Sooretama /ES.

<b>IDADE DA PLANTA (DIAS)</b>	<b>COMP. NERVURA CENTRAL DA FOLHA (CM)</b> <b>(4ª/ 5ªfolha)</b>	<b>FOLHAS VIVAS TOTAIS</b>	<b>ÁREA FOLIAR /PLANTA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>ÁREA PLANTADA (ha)</b>
<b>60</b>	24/25,1	22,8	2,058	48
<b>120</b>	34,7/36,3	23	3,372	41
<b>180</b>	42,5/45,4	21,9	4,036	42
<b>240</b>	44,7/46,9	22	4,277	60
<b>300</b>	40,8/43,3	24,4	4,429	68
<b>360</b>	41/44,7	22,8	4,132	61
<b>TOTAL ÁREA FOLIAR - ANO 01</b>			2.251.541,59	320
<b>TOTAL ÁREA FOLIAR - ANO 02</b>			2.447.466,24	320
<b>TOTAL ÁREA FOLIAR - ANO 03</b>			2.447.466,24	320
<b>TOTAL ÁREA FOLIAR (m<sup>2</sup>) – MARGEM DE 10%</b>			7.146.474,072 – 714.647,41	6.431.826,67
<b>TONELADAS DE CO<sub>2</sub>/ANO</b>		6.431.826,67 * 17,027 * 365	39.972,870 TONELADAS CO <sub>2</sub> /ANO	

Para facilitar os cálculos, partiu-se do princípio que as plantas nos Anos 02 e 03 apresentam a mesma área foliar de 360 dias de vida, visto que, segundo Nabinger (1988), o número máximo de folhas vivas é uma constante genotípica.

Número de plantas vivas por ha – 1851

Dados das áreas fornecidos pela Caliman Agropecuária

Preocupados com as conseqüências de um desenvolvimento desequilibrado, intensificador do Efeito Estufa, em 1992, no Rio de Janeiro, 154 países assinaram um Tratado Internacional, denominado de Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Nesse momento, reconheceu-se a preocupação humana em se elaborar uma estratégia global para proteger o planeta em função das mudanças climáticas. Tais discussões originaram a assinatura do Protocolo de Quioto, em 1997, no Japão. Hoje este tratado conta com 186 países (BNDES, 1999).

A intensificação do Efeito Estufa e as suas possíveis conseqüências sobre a humanidade, fizeram com que fossem instituídos em 1997, metas e três mecanismos de compensação de redução de emissões de CO<sub>2</sub> (chamados mecanismos de flexibilização – a Implementação Conjunta, o Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo). O MDL surgiu de proposta brasileira, para estimular a criação de um “fundo” a ser utilizado pelos países em desenvolvimento para programar projetos de redução de emissões e projetos florestais nos países não-Anexo I cujas reduções e remoções de CO<sub>2</sub> seriam utilizadas pelas Partes Anexo I (países que ratificaram o Protocolo de Quioto) para o cumprimento das metas acordadas, durante o período de 2008 – 2012, por tal acordo (Santos, 2005).

Pelo protocolo de Quioto, qualquer projeto pode ser aceito pela Junta Executiva (órgão de controle do MDL dentro do Protocolo de Quioto). Para isso, o projeto deve fazer uso de uma metodologia que aplique as normas regulatórias, que seja adequada ao respectivo projeto e que seja previamente aprovada pela Junta. Entretanto, na determinação do cenário de linha de base, deve-se demonstrar que as atividades sugeridas pelo projeto não seriam viáveis sem os recursos originários da negociação dos créditos de carbono criados pelo projeto (Santos, 2005). Para o Protocolo de Quioto, o MDL só poderá ser implementado caso as reduções em questão sejam certificadas por organismos competentes, que são designadas pela Conferência das Partes, conforme se estabeleceu no artigo 12.5 do Protocolo de Kyoto (Almeida, 2005).

Ainda hoje, existem muitas restrições de natureza científica na quantificação precisa das mudanças nos estoques de carbono nos diversos reservatórios florestais, na questão da não permanência do carbono no corpo vegetal e nas prováveis conseqüências da implantação de projetos florestais nas comunidades. O

conceito de “estoque temporário de carbono”, segundo o documento do Protocolo de Kyoto, afirma que todo o carbono acumulado nas florestas plantadas retorna à natureza quando elas são colhidas e transformadas em aplicações diversas e em subprodutos. Questiona-se esse conceito de “temporalidade”. No caso de culturas perenes, assim como em florestas plantadas, a absorção de CO<sub>2</sub> nunca é interrompida porque, quando se elimina uma árvore ou um vegetal de uma cultura perene, planta-se outro. Segundo Primavesi (1981): “Os princípios básicos de produção vegetal são iguais em todo o mundo”. Cita Finzetto (2009) que: “emissões associadas ao uso da terra representam quase um terço dos gases de efeito estufa liberados na atmosfera: a agricultura responde por quase 14% das emissões globais e o desmatamento por outros 17%”. Diante da importância de proteção ao meio ambiente, de se agregar valores e reforçar o aspecto de sustentabilidade à agricultura, o Senado Americano está aprovando uma lei que instaura um sistema de redução de emissões que incluirá a agricultura no comércio de carbono, além de aumentar a renda dos agricultores. A opção de comprar créditos gerados por atividades não reguladas (sem obrigação de diminuir emissões) poderia ser utilizada pelas empresas para cumprir parte de suas metas.

A Metodologia utilizada neste trabalho obteve os resultados demonstrados na **Tabela 01** e pode ser considerada como um método indireto na quantificação de biomassa produzida na determinação do CO<sub>2</sub> assimilado pelas plantas, uma vez que, com o uso de balões de Mylar® envolvendo todas as plantas analisadas, evitou-se a destruição da vegetação e a extrapolação de resultados, feitas por outras Metodologias que analisam apenas partes das folhas. Ela demonstrou a importância de se planejar a capacidade produtiva e agregarem-se valores às culturas, baseados em resultados científicos. Pode-se assegurar, deste modo, uma maior produção e uma maior produtividade em nossa agricultura, de margens muitas vezes estreitas e de mercado instável. Confirmando este pensamento, Paulo Moutinho, pesquisador do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) e que também é responsável pelo estudo sobre os desafios para a redução do desmatamento da Amazônia, argumenta que é preciso ter uma visão integrada: “O desmatamento está ligado ao uso da terra, ou seja, às demais atividades, agropecuária e industrial” (Comunicação pessoal).



O reconhecimento de tal situação pode ser um bom negócio e poderia determinar além da alteração do valor deste tipo de Créditos de Carbono, classificados como temporários, também o aspecto da liquidez e da atratividade para essas operações, cogitando-se valorizar em cinco vezes a tonelada de carbono absorvido, passando dos atuais US\$ 4 para sonhados US\$ 20 (BRACELPA, 2009).

Os créditos temporários são interessantes caso não haja um crescimento acentuado nos permanentes devido à necessidade de renovação ou substituição, além da diferença de preço dos certificados temporários, sendo os mesmos negociados na Bolsa de Chicago e nos mercados ditos “voluntários” que representam uma opção a parte para quem não ratificou o Protocolo de Kyoto, como os Estados Unidos.

Segundo a Agência de Proteção Ambiental (EPA) a receita bruta anual com a venda de créditos de carbono pelos produtores americanos poderia alcançar US\$ 2,1 bilhões no cenário de curto prazo (2012-2018), US\$ 7,6 bilhões no de médio prazo (2027-2033) e US\$ 28,4 bilhões na projeção de longo prazo (2042-2048). Baseando-se nesta idéia, poder-se-ia maximizar o capital de nossos agricultores, afinal, temos luz e temperaturas adequadas à fotossíntese nos 365 dias do ano. Com isto, agregaríamos receitas às nossas atividades agrícolas, contribuindo também nas pesquisas de novas tecnologias produtivas, pela conscientização do uso adequado dos recursos naturais, pela manutenção da biodiversidade nas áreas de reservas, pois é correto evitar-se o desmatamento desnecessário uma vez que para aumentar-se a produtividade não é necessário o aumento das nossas fronteiras agrícolas. Basta se utilizar nossos solos com a destinação e tecnologia adequadas aos solos tropicais. Baseando-se nas medidas das áreas foliares e na capacidade de assimilação de CO<sub>2</sub> dos mamoeiros plantados na Caliman Agrícola na área onde as medições foram efetuadas, demonstrou-se na **Tabela 04** uma expectativa de quanto poderíamos incrementar a receita daquela empresa caso fossem comercializados os créditos de carbono originados pelos plantios desenvolvidos.

**Tabela 05.** Demonstração de prováveis valores de receitas com Créditos de Carbono, que poderiam ser alcançadas nas áreas de produção de mamão da Caliman Agrícola, em Sooretama/ES.

PRODUÇÃO	ÁREA (ha)	RESULTADO DE FRUTAS (R\$)	CRÉDITOS DE CARBONO (R\$)	OBSERVAÇÕES
ATÉ 365 DIAS	320	- 1.948.800,00		
365 - 730 DIAS	320	11.354.240,00		
730 - 1095 DIAS	320	8.792.640,00		
<b>TOTAIS (R\$)</b>	960	18.198.080,00	264.556,443	

Cotação do dólar dia: 29-03-11 (B Central do Brasil) = 1.6546

Baseando-se na estimativa da receita demonstrada na **Tabela 05** e considerando-se a legislação pertinente, os créditos originados onerariam em valores de IRPJ e CSLL, respectivamente à empresa, em R\$ 6.813,79 e R\$ 8.042,51. Também incidirá sobre esta receita o IOF no percentual máximo de 0,125% ao mês, devendo ser cobrado e recolhido na data da liquidação financeira da operação (Araújo, 2007), onerando à empresa em R\$ 349,07.

As receitas totais da **Tabela 05** possuem uma grande diferença de valores (98,55 e 1,45%). Entretanto, não se pode imputar apenas uma valoração econômica ao se quantificar o CO<sub>2</sub> assimilado pelas plantas e retirado da atmosfera. Na verdade, teríamos que quantificar também os benefícios sociais e ambientais (biodiversidade, solos, água e etc.) que devem surgir pelo uso de tecnologias que contribuam para a redução da intensificação do Efeito Estufa e pelo uso correto dos fatores ambientais.

Blasco e Alfaya (2003) citam: “*Empresa sustentável*” é aquela que cria valores econômico, ambiental e social a curto e em longo prazo contribuindo para aumentar o bem-estar e o progresso real das gerações presentes e futuras em todo o planeta. Como se demonstrou na **Tabela 05**, agregando-se valores à agricultura e conservando-se o ambiente, pratica-se realmente o que se define por sustentabilidade, pois o desafio enfrentado pelo mundo moderno é atender à necessidade de se aumentar a produção de alimentos para a população em

crescimento, conservando-se os fundamentos ecológicos necessários para sustentar esse aumento.

## 6. CONCLUSÕES

Foi possível verificar que, pela equação proposta por Posse et al (2009), determina-se a área foliar das plantas e com o uso da Metodologia que utiliza balões de Mylar, acoplados a um analisador de gás a infravermelho e a ventiladores pelos quais injeta-se valores conhecidos de ar, é possível medir-se as trocas gasosas sem a necessidade de usar-se métodos destrutivos, pretendendo-se com isso, viabilizar-se o surgimento de RCE's.

A importância do equilíbrio climático destaca-se na manutenção da biodiversidade, procurando-se entender a sua importância para vários sistemas produtivos envolvendo animais, culturas, forragens, florestas, etc. não se restringindo, simplesmente, ao funcionamento da biosfera, mas como meio indispensável no fornecimento de insumos básicos para a agricultura e para o homem, podendo ser considerada como um suporte na produção de alimentos, através da polinização, da formação e fertilidade do solo e no controle de pragas e doenças e um selo de qualificação do produto.

O caminho a ser trilhado pela nossa agricultura deve ser o modelo agro ecológico, permitindo-se incorporar as três dimensões da sustentabilidade: ecológica, econômica e social. Proporcionando-se um desenvolvimento agrícola mais harmonioso, viabilizando-se uma transição tecnológica que una sistemas de produção ambientalmente diferenciados, com tecnologias modernas.

Medidas complementares devem envolver os incentivos para a recuperação e a preservação ambiental nas áreas rurais, respeitando-se o funcionamento dos agros-ecossistemas, incentivando-se o efetivo uso do potencial dos solos e fazendo-se uso de programas e tecnologias voltados à sustentabilidade da agricultura e à satisfação das necessidades humanas presentes e futuras.

Pôde-se observar que a Ecologia e a Economia devem ser companheiras porque o estudo “do lugar onde se vive” pode ser alterado pelo seu manejo ou pelo seu gerenciamento, pois os organismos podem alterar o ambiente abiótico de várias maneiras (produção de fontes de energia e novos compostos).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida H N N (2005). “Créditos de Carbono – Natureza Jurídica e Tratamento Tributário. Disponível em: [WWW.buscalegis.ufesc.br/revistas/index.php/buscalegis/article/viewFile/26705/26268](http://WWW.buscalegis.ufesc.br/revistas/index.php/buscalegis/article/viewFile/26705/26268) . Acessado em: 09/07/2010.

Alves F de L (2003). A cultura do mamão *Carica papaya* L. no mundo, no Brasil e no Espírito Santo. In: MARTINS, D. dos S. & COSTA, A. de F. S. (Eds). **A cultura do mamoeiro**: Tecnologias de Produção. Vitória: Incaper.

Amaro A, Tomé M (1997). **Empirical and process based models for Forest tree and stand growth simulation**. Oeiras: Edições Salamandra.

ANUÁRIO 2010. Disponível em: [http://www.sebrae.com.br/setor/fruticultura/Informativo40\\_banana%20e%20mamao.pdf](http://www.sebrae.com.br/setor/fruticultura/Informativo40_banana%20e%20mamao.pdf) Acessado em: junho/2010.

Araújo A C P (2007). Como Comercializar os Créditos de Carbono. Ed. Trevisan Editora Universitária, São Paulo, 47 p.

Aurélio. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 2ª ed. rev Rio de Janeiro/RJ: Editora Nova Fronteira.

Australian Government (2008). The biology of *Carica papaya* L. (papaya, papaw, paw paw). Department of health and ageing. Office of the gene technology regulator. 55p. Disponível em : <http://www.ogtr.gov.au>

BNDES (1999). Efeito Estufa e a Convenção sobre a Mudança do Clima. Publicado por: Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico Social: Assessoria Especial de Meio Ambiente & Ministério da Ciência e Tecnologia: Comissão de Pesquisa e Mudança do Clima.

BRACELPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Disponível em: [WWW.bracelpa.org.br](http://WWW.bracelpa.org.br). Acesso em: 20 junho 2010.

Braga C (2007). **Contabilidade Ambiental – Ferramenta para a Gestão da Sustentabilidade**. Editora Atlas. São Paulo.

Bugbee B (1992). Steady-state canopy gas Exchange: System design and operation. HortScience. 27:770-776.

Castro/Kluge/Peres (2005). Manual de Fisiologia Vegetal. 1 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 650 p.

Campbell G S, Norman J M. Heat and mass transport, p. 77-85. In: An introduction to environmental biophysics, 2<sup>nd</sup>Ed. Springer-Verlag New York, Inc.

Campos C de C (2007). Emissões Históricas de CO<sub>2</sub> da Mudança do Uso da Terra para a Agricultura e Pastagem e a Contribuição dos Países para a Mudança do Clima – a Proposta do Brasil para a Convenção do Clima. Tese de Doutorado. RJ: UFRJ.

Campostrini E (2009). Avanços tecnológicos nos estudos ecofisiológicos do mamoeiro no Brasil. Disponível em: [http://www.fundagres.org.br/eventos/cd\\_papaya2009/arquivos/Palestras/ELIEMAR.pdf](http://www.fundagres.org.br/eventos/cd_papaya2009/arquivos/Palestras/ELIEMAR.pdf) . Acessado em:10/10/2010.

Campostrini E, Glenn D M (2007). Ecophysiology of papaya: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. V.19, n.4, p. 413-424.

Campostrini E, Yamanishi O K (2001). Estimation of papaya leaf area using the central vein length. *Science Agricola*, 58:39-42.

Campostrini E (1997). Comportamento de quatro genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L) sob restrição mecânica ao crescimento do sistema radicular. Tese de Doutorado, UENF, Campos dos Goytacases, RJ, 166 p.

CEPEA (2009). Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Revista Hortifruti Brasil. Disponível em: [www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil](http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil) . Acesso em 20 jun. 2010.

Chan Y K (2009). Breeding papaya (*Carica papaya* L.). In: Breeding Plantation Tree Crops: tropical species. S.M. Jain; P. M. Priyadarshan. Springer, 121-159 p.

CATALISA (2010). O Conceito de Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://www.peabirus.com.br/redes/form/comunidade?id=378> Acessado em: 15/07/2010.

Chutteang C, Yingjajaval S, Wasee S (2007). Leaf photosynthetic potential of female and hermaphrodite papaya (*Carica papaya* cv. Khaeg Nuan). **Acta Horticulturae**, v. 740, p. 197-202.

CONVENÇÃO DO CLIMA (1995). *Convenção Sobre a Mudança do Clima*. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Publicado pela Unidade de Informações sobre Mudança do Clima (PNUMA)(IUC) em nome do Secretariado permanente da Convenção. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil.

Coombs J, Hall D O, Long S P, Scurlock J M O (2006). *Techniques in bioproductivity and photosynthesis*. Pergamon Press, Oxford.

Corelli G L, Magnanini E(1993). A whole-tree system for gas-exchange studies, *HortScience*, 28 (1): 45-45.

Dantas J L, Castro Neto M T (2000). Aspectos Botânicos e Fisiológicos. In: Mamão produção: aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA. Comunicação para Transferência de Tecnologia.

Davies A (1988). The regrowth of Grass swards. In: JONES, M. B.; LAZEMBY, A. (eds) – *The physiological basis of production* Chapman and hall, London.

Espinheira R (2007). Folha de mamoeiro. Disponível em: [http://br.olhares.com/folha\\_de\\_mamoeiro\\_foto1017955.html](http://br.olhares.com/folha_de_mamoeiro_foto1017955.html). Acessado em: 10/01/2011.

Ferrara G, Flore J (2003). A .Comparison between different methods for measuring transpiration in potted Apple trees. *Biol. Plant*, 46 (1): 41-47.



Ferraz T M. Trocas gasosas em mamoeiro "Golden": relações entre plantas inteiras e folhas individuais. Tese de Mestrado. CCTA: UENF. 2008. 69f.: il.

Food and Agriculture Organization – FAO (2008). Disponível em: <http://faostat.fao.org> Acessado em: 17/11/2008.

Ganga R M D, Vescove, H V, Ruggiero C (2005). [WWW.todafruta.com.br](http://WWW.todafruta.com.br). 2005

Gaudard D de M (2010). Para Entender as Conferências do Clima. In: Portal do Trabalho Seguro. Disponível em: [http://portaltrabalhoseguro.blogspot.com/2009\\_12\\_01\\_archive.html](http://portaltrabalhoseguro.blogspot.com/2009_12_01_archive.html) Acessado em: 10/12/2010.

Gonçalves J A (2010). EUA: Lei inclui agricultura no comércio de carbono. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/DISSERTA%C3%87%C3%83O/EUA%20%20Lei%20incluir%20agricultura%20no%20com%C3%A9rcio%20de%20carbono%20%C2%AB%20Ambiente%20Hoje.htm> Acessado em: 03/01/2010.

Granier A (1985). Une nouvelle méthode pour La mesure Du flux de seve brute dans Le tronc des arbres. Ann Sci. for: 42(2), 193-200.

IBGE. [WWW.ibge.gov.br](http://WWW.ibge.gov.br). 2009.

IPCC (1992). Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments. WMO e UNEP, Canadá.

INCAPER (2011). INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E ASSISTÊNCIA RURAL. Disponível em: [www.incaper.es.gov.br](http://www.incaper.es.gov.br) Acessado em: 15/03/2011.

Katerji N, Daudet F A, Carbonneau A, Ollat N (1994). Etude à l'échelle du fonctionnement hydrique et photosynthétique de La vigne: comparaison des systèmes de conduite traditionnel et en Lyre. *Vitis* 33, 197-203.

Khalili A E L (2007). **Quem será beneficiado pelos Créditos de Carbono?** Disponível em: <http://comciencia.br/reportagens/clima/clima04> Acesso em 05 de jun. de 2007.

Lakso A N, Mattii G B, Nyrop J P, Denning S S (1996). Influence of European Red Mite on leaf and Whole-canopy carbon dioxide exchange, yield, fruit size, quality and return cropping in Starkrimson Delicious apple trees, *J. Am. Soc. Hortc. Sci.* 121 (5): 954-958.

Long S P (1985). Measurement of photosynthetic gas Exchange. In *The techniques in bioproductivity and photosynthesis*, 25-36. Pergamon Press, Oxford.

Machado E C (1981). Um Modelo Matemático-fisiológico para Simular o Acúmulo de Matéria Seca na Cultura da Cana-de-açúcar. Tese de Mestrado. São Paulo: UNICAMP.

Marler T E, Mickelbart M V (1998). Drought, leaf gas exchange, and chlorophyll fluorescence of field grown papaya. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** v. 123, n. 4, p. 714-718.

Ming R, Hou S, Feng Y, Yu Q, DIONNE-LAPORTE A, Saw J H (2008). The draft genome of the transgenic tropical fruit tree papaya (*Carica papaya* Linnaeus). **Nature**. v. 452, p. 991-997.

Mitchell C A (1992). Measurement of photosynthetic gas exchange in controlled environments. *HortScience* 27:357:364.

Naves-Barbiero C C, Franco AC, Bucci S J, Goldstein G (2000). Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12:119-134.

Nabinger, C. (1996). Princípios da Exploração Intensiva de Pastagens. In: *Simpósio sobre Manejo de Pastagens*, p. 15 – 95. Anais FEALQ. Piracicaba, SP.

Odum, E (1983). *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan AS. 1983.434 p.:il.

Parsons A J, Leaf E F, Collet B, Penning P D, Lewis J (1983). The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously grazed swards. *J. Applied Ecology*. V.20, n.1.

Pereira A R, Villa Nova N A, Sedyama G C (1997). *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiróz (FEALQ), 183p.

Pezzopane J R M (2009). DAS 011- *Metereologia Agrícola – Tópico 07*. UFES/CEUNES. Notas de aula.

Pimentel C (1998). *Metabolismo de Carbono na Agricultura Tropical*. Soropédica/RJ: Editôra da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 159 p.:il.

Pinto L C G (2006). *Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011*, 110 p. EMBRAPA, Secretaria de Produção e Agroenergia - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2. ed. rev. Brasília, DF.

Pitt-Bradford (2009). University of Pittsburg at Bradford. **Fluorescence of Chlorophyll**. Disponível em: [http://www.upb.pitt.edu/uploadedFiles/About/Sponsored\\_Programs/Science\\_In\\_Motion/Biology\\_Labs/bio003\\_Fluorescence%20of%20Chlorophyll.doc](http://www.upb.pitt.edu/uploadedFiles/About/Sponsored_Programs/Science_In_Motion/Biology_Labs/bio003_Fluorescence%20of%20Chlorophyll.doc) . Acessado em: 20/07/2009.

Popova L P, Riddle K A (1996). Development and accumulation of ABA in fluridonetreated and drought-stressed *Vicia faba* plants under different light conditions. *Physiologia Plantarum* 98:791-797.

Posse R P, De Sousa E F, Bernardo S, Pereira M G, Gottardo R D (2009). Total Leaf Area of Apaya Trees Estimated by a Nondestructive Method. *Sci.Agric.* 66, (4): 462-466.

Poni S, Magnanini E, Rebucci B (1997). Na automated chamber system for measurements of whole plant gas Exchange. *HortScience* 32, 64-67.

Primavesi, A (1981). **O Manejo Ecológico do Solo: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel

Raven P H, Evert R F, Eichhorn S E (1999). 5 ed. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: koogan, 1996. Reimpressão.

Reis F O, Campostrini E, Sousa E F, Silva (2006). Sap flow in papaya plants: Laboratory calibrations and relationship with gas exchanges under Field conditions. *Scientia Horticulturae*, 110:254-259.

Ribas K C Z. Fotossíntese. UFPR. Anotações de aula.pdf

Ribeiro M S. O Tratamento Contábil dos Créditos de Carbono (2005). Tese de Livre Docência apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Campus Ribeirão Preto. USP – Departamento de Contabilidade. Disponível em: [WWW.teses.usp.br/teses](http://WWW.teses.usp.br/teses) . Acessado em: 10/12/2010.

Rocha M T (2003). Aquecimento Global e o Mercado de Carbono: Uma Aplicação do Modelo CERT. Tese de Doutorado. Área de Concentração: Economia Aplicada. Piracicaba: ESALQ.

Salati E (1994). Sumário Executivo. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO<sub>2</sub> – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Rio de Janeiro, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD.

Sanquetta C R (2002). Métodos de Determinação de Biomassa Florestal. In: Sanquetta C R (Ed). **As florestas e o carbono**. Curitiba, PR.

Santos, M. M. de O (2005). Projetos Florestais sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto: situação atual e perspectivas. Trabalho Especialização em Gestão Ambiental. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica/Instituto Brasil PNUMA.

Severino L S, Cardoso G D, Vale L S, Santos J W. dos (2005). Método para Determinação de Área Foliar de Mamoneira. Boletim de Pesquisa e Divulgação. Campina Grande/PB: EMBRAPA.

SEAGRI (2009). Cultura – mamão. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/Mamao.htm> Acessado em: 03/02/2011.

Silva M L, Jacovine L A G, Valverde S R (2001). Oportunidades para o Setor Florestal Brasileiro com o Advento do Mercado de Créditos de Carbono. *Ação Ambiental*, Viçosa, v.17, n.21.

Souza J S (2009) Custos de Produção e Receitas Esperadas. In: **Frutas do Brasil**. Disponível em: [www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo\\_2310.pdf](http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_2310.pdf) Acessado em: 1/02/2011.

Taiz & Zeiger (2002). *Plant Physiology*. Pdf.

Takahashi N, Ling P P, Frantz J M (2007). Considerations for Accurate Hhole Plant Photosynthesis Measurement. ASABE Annual International Meeting – Minneapolis, Minnesota, 17-20 june.

Torres-Netto A (2005). Atributos fisiológicos e relações hídricas em genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) na fase juvenil. Tese de Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacases – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 116p.

Trindade A V, Oliveira J R P (1999). Propagação e Plantio. In: Sanches N F, Dantas J L L (Coord.). **O Cultivo do Mamão**. Cruz das Almas: EMBRAPA mandioca e fruticultura.

UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima). Disponível em português em: <HTTP://www.mct.gov.br/clima/convencao/texto.htm>.

Vidal W N, Vidal M R R (2003). Botânica – Organografia; quadros ilustrados de fanerógramas. 4 ed. Ver. Ampl. – Viçosa: UFV, 2003. 124p.: II.

Vitti A (2009). Análise de Competitividade das Exportações Brasileiras de Frutas no Mercado Internacional. Tese de Mestrado. Piracicaba: EASLQ.

Wunsche J N, Palmer J W (1997). Portable trough-flow cuvette system for measuring whole-canopy gas exchange of apple trees in the field, HortScience 32 (4):653-658.

Zelitch I (1982). The close relationship between net photosynthesis and yield. BioScience, 32:796-802.